

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف معدن

تلفیق داده‌های اکتشافی منطقه خان‌کندی - اینچه آذربایجان شرقی با استفاده از
سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) جهت شناسایی مناطق امید بخش معدنی

محقق:

عباس مسگری‌وش

استاد راهنما:

دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی

استاد مشاور:

مهندس مرگان زارعی نژاد

به نام آنکه جان را فکرت آموخت



تقدیم به پدر و مادرم

آنانکه سفید موی گشتند تا سپید روی بمانم

تقدیر و تشکر

حال که با عنایت خدا این پایان نامه به سرانجام رسید بر خود لازم می‌دانم از تمامی اساتید و عزیزانی که در انجام این پایان نامه مرا یاری نمودند تشکر و قدردانی نمایم.

از جناب آقای دکتر کامکار روحانی به عنوان استاد راهنما و سرکار خانم مهندس زارعی‌نژاد به عنوان استاد مشاور و نیز از آقایان مهندس حیدری و مهندس موسوی و خانم‌ها مهندس اشرفی و مهندس موسوی کارشناسان گروه GIS سازمان زمین شناسی کشور که در تمامی مراحل انجام این پایان نامه از هیچ مساعدتی دریغ نفرمودند کمال تشکر را دارم.

از جناب آقای دکتر کاکایی، دکتر انصاری به جهت داوری این پایان نامه و دیگر اساتیدی که در طول تحصیل از محضرشان استفاده نمودم، تشکر می‌نمایم.

از تمامی دوستان و عزیزانم بخصوص مهندس بیکی و مهندس هوشیار به جهت کمک‌های بی‌دریغ‌شان سپاسگزارم.

عباس مسگری وش

تابستان ۱۳۸۴

چکیده:

با توجه به روند رو به رشد استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در تلفیق داده‌های اکتشافی جهت تهیه نقشه پتانسیل معدنی، در این پایان نامه از GIS جهت تهیه نواحی امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری و طلای اپی‌ترمال در محدوده خان کندی - اینچه از برگه ۱۰۰۰۰۰/۱ زمین‌شناسی اهر استفاده گردید. پس از بررسی اطلاعات اکتشافی موجود در منطقه و ارائه مدل‌های اکتشافی صحیح و دقیق برای کانی‌زایی مواد معدنی مذکور در منطقه، لایه‌های اکتشافی (زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی، ژئوفیزیک، ساختارها و دورسنجی) بر اساس پارامترهای موثر در کانی‌زایی مس پورفیری و طلای اپی‌ترمال در GIS رقومی و پردازش شدند. روش‌های همپوشانی شاخص و منطق فازی جهت مدل‌سازی و تلفیق لایه‌های اکتشافی و معرفی مناطق امید بخش کانی‌زایی انتخاب شده و نتایج آنها با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفت. جهت تأیید نتایج به دست آمده از مدل‌سازی‌های انجام شده، بازدید و کنترل صحرایی از منطقه صورت گرفت.

در مدل‌سازی با روش همپوشانی شاخص، با اختصاص وزن‌های مناسب به لایه‌های اکتشافی و کلاس‌های مربوط به هر لایه، مدل‌های نسبتاً زیادی برای کانی‌زایی‌های ذکر شده به دست آمد که با توجه به مشابهت نزدیک بسیاری از این مدل‌ها به یکدیگر، تنها مدل‌های محدودی در این پایان نامه ارائه شده است. همچنین مدل‌سازی با روش منطق فازی با استفاده از عملگرهای " و " فازی، " یا " فازی، جمع جبری فازی و گامای فازی، گرچه عموماً مدل‌سازی با روش همپوشانی شاخص را تأیید نمود، ولی این روش مناطق کوچکتری را نسبت به روش همپوشانی شاخص به عنوان محدوده‌های امید بخش معرفی نمود. در نهایت پس از چند بار تلفیق لایه‌های اکتشافی، نقشه نواحی امید بخش معدنی منطقه به دست آمد که در آن هشت محدوده امید بخش برای کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال و هفت محدوده امید بخش برای کانی‌زایی مس پورفیری معرفی شده است.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه.....	۲
۱-۲- سیستم اطلاعات جغرافیایی.....	۳
۱-۳- هدف سیستم اطلاعات جغرافیایی.....	۴
۱-۴- کاربرد GIS در علوم زمین.....	۵
۱-۵- هدف از انجام پایان نامه.....	۵
۱-۶- سوابق مطالعاتی در منطقه.....	۶
۱-۷- روش انجام پایان نامه.....	۷
۱-۸- ساختار پایان نامه.....	۷

فصل دوم: مدل سازی و تلفیق داده‌های اکتشافی در GIS

۲-۱- مقدمه.....	۱۰
۲-۲- تهیه نقشه‌های پتانسیل معدنی.....	۱۰
۲-۲-۱- مرحله اول.....	۱۱
۲-۲-۲- مرحله دوم.....	۱۱
۲-۲-۳- مرحله سوم.....	۱۲
۲-۳- مدل سازی در GIS.....	۱۳
۲-۳-۱- روش‌های مدل سازی متکی بر دانش کارشناسی.....	۱۳
۲-۳-۱-۱- روش منطق بولین.....	۱۳
۲-۳-۱-۲- همپوشانی شاخص.....	۱۵
۲-۳-۱-۳- منطق فازی.....	۱۷
۲-۳-۱-۳-۱- عملگر "و" فازی.....	۱۸
۲-۳-۱-۳-۲- عملگر "یا" فازی.....	۱۹
۲-۳-۱-۳-۳- حاصل ضرب جبری فازی.....	۱۹

- ۱۹-۳-۱-۳-۲-۴- جمع جبری فازی.....
- ۲۰-۳-۱-۳-۲-۵- عملگر فازی گاما.....

فصل سوم: زمین‌شناسی و کانی‌زایی در منطقه مورد مطالعه

- ۱-۳- موقعیت جغرافیایی منطقه..... ۲۲
- ۲-۳- زمین‌شناسی عمومی منطقه..... ۲۲
- ۱-۲-۳- ترشیری..... ۲۵
- ۱-۱-۲-۳- پالئوسن - انوسن..... ۲۵
- ۲-۱-۲-۳- واحدهای بعد از انوسن (اولیگوسن)..... ۲۶
- ۳-۱-۲-۳- واحدهای نئوژن - میوسن - پلیوسن..... ۲۶
- ۴-۱-۲-۳- نهشته‌های پلیو- پلیوستوسن..... ۲۶
- ۲-۲-۳- سنگ‌های نفوذی..... ۲۶
- ۳-۳- ویژگی‌های ساختاری محدوده مطالعاتی..... ۲۶
- ۴-۳- متالورژی ناحیه مورد مطالعه..... ۲۷
- ۱-۴-۳- متالورژی کانسارهای پورفیری منطقه ارسباران..... ۲۹
- ۲-۴-۳- متالورژی کانسارهای اپی‌ترمال..... ۳۰

فصل چهارم: بررسی و معرفی مدل‌های اکتشافی کانسارهای احتمالی منطقه مورد مطالعه

- ۱-۴- مقدمه..... ۳۵
- ۲-۴- مدل‌های کانی‌زایی حاکم در منطقه مورد مطالعه..... ۳۵
- ۳-۴- کانسارهای تیپ مس پورفیری..... ۳۶
- ۱-۳-۴- محیط کانسار..... ۳۶
- ۲-۳-۴- توصیف کانسار..... ۳۶
- ۳-۳-۴- راهنمای اکتشافی..... ۳۷
- ۴-۴- کانسارهای تیپ مس- طلای پورفیری..... ۳۸
- ۱-۴-۴- محیط کانسار..... ۳۸
- ۲-۴-۴- توصیف کانسار..... ۳۹
- ۳-۴-۴- راهنمای اکتشافی..... ۳۹
- ۵-۴- کانسارهای تیپ مس- مولیبدن پورفیری..... ۴۰

۴۰	۴-۵-۱- محیط کانسار
۴۰	۴-۵-۲- توصیف کانسار
۴۱	۴-۵-۳- راهنمای اکتشافی
۴۲	۴-۶-۱- کانسارهای طلای اپی ترمال
۴۲	۴-۶-۱- خصوصیات عمومی ذخایر طلای اپی ترمال
۴۲	۴-۶-۱-۱- مقیاس ناحیه‌ای
۴۳	۴-۶-۱-۲- مقیاس نیمه تفصیلی
۴۴	۴-۶-۲- کانسارهای تیپ رگه‌ای اپی ترمال کرید (کوارتز - آدولاریا)
۴۴	۴-۶-۲-۱- محیط کانسار
۴۴	۴-۶-۲-۲- توصیف کانسار
۴۵	۴-۶-۲-۳- راهنمای اکتشافی
۴۵	۴-۶-۳- کانسارهای تیپ رگه‌ای اپی ترمال کومستاک
۴۵	۴-۶-۳-۱- محیط کانسار
۴۶	۴-۶-۳-۲- توصیف کانسار
۴۶	۴-۶-۳-۳- راهنمای اکتشافی
۴۷	۴-۶-۴- کانسارهای تیپ رگه‌ای اپی ترمال سادو
۴۷	۴-۶-۴-۱- محیط کانسار
۴۸	۴-۶-۴-۲- توصیف کانسار
۴۸	۴-۶-۴-۳- راهنمای اکتشافی
۴۹	۴-۶-۵- کانسارهای تیپ طلای اپی ترمال کوارتز - آلونیت
۴۹	۴-۶-۵-۱- محیط کانسار
۴۹	۴-۶-۵-۲- توصیف کانسار
۵۰	۴-۶-۵-۳- راهنمای اکتشافی
۵۰	۴-۷- تعیین پارامترهای کانی‌زایی

فصل پنجم: آماده سازی و پردازش داده‌های اکتشافی منطقه مطالعاتی

۵۳	۵-۱- مقدمه
۵۳	۵-۲- آماده سازی و پردازش داده‌های زمین شناسی
۵۵	۵-۳- آماده سازی و پردازش داده های معدنی

۵۷	۴-۵- آماده سازی و پردازش داده های ژئوفیزیک هوایی
۵۹	۵-۵- آماده سازی و پردازش داده های ماهواره ای
۶۱	۶-۵- آماده سازی و پردازش داده های ژئوشیمیایی
۶۵	۷-۵- ترکیب و پردازش داده های ساختاری منطقه

فصل ششم: مدل سازی و معرفی نواحی امیدبخش

۶۷	۱-۶- مقدمه
۶۸	۲-۶- مدل سازی به روش همپوشانی شاخص
۶۸	۱-۲-۶- مدل سازی پتانسیل کانی زایی مس پورفیری
۶۹	۱-۱-۲-۶- اطلاعات ژئوشیمیایی
۷۲	۲-۱-۲-۶- آلتراسیون ها
۷۵	۳-۱-۲-۶- ساختارها
۷۸	۴-۱-۲-۶- سنگ های منشأ
۷۹	۵-۱-۲-۶- تلفیق نهایی لایه های اطلاعاتی به روش همپوشانی شاخص - مس پورفیری
۸۴	۲-۲-۶- مدل سازی پتانسیل کانی زایی طلای اپی ترمال
۸۴	۱-۲-۲-۶- اطلاعات ژئوشیمیایی
۸۴	۲-۲-۲-۶- آلتراسیون ها
۸۶	۳-۲-۲-۶- ساختارها
۸۹	۴-۲-۲-۶- سنگ های منشأ و میزبان
۹۱	۵-۲-۲-۶- تلفیق نهایی لایه های اطلاعاتی به روش همپوشانی شاخص - طلای اپی ترمال
۹۶	۳-۶- مدل سازی به روش منطق فازی
۹۶	۱-۳-۶- مدل سازی پتانسیل کانی زایی مس پورفیری
۹۶	۱-۱-۳-۶- اطلاعات ژئوشیمیایی
۹۷	۲-۱-۳-۶- آلتراسیون ها
۹۷	۳-۱-۳-۶- ساختارها
۹۸	۴-۱-۳-۶- سنگ های منشأ
۹۸	۵-۱-۳-۶- تلفیق نهایی لایه های اطلاعاتی به روش منطق فازی - مس پورفیری
۱۱۳	۲-۳-۶- مدل سازی پتانسیل کانی زایی طلای اپی ترمال
۱۱۳	۱-۲-۳-۶- اطلاعات ژئوشیمیایی

۱۱۳	۶-۳-۲-التراسیون ها
۱۱۳	۶-۳-۳-ساختارها
۱۱۴	۶-۳-۴-سنگ های منشأ و میزبان
۱۱۶	۶-۳-۵-تلفیق نهایی لایه های اطلاعاتی به روش منطق فازی - طلای اپی ترمال
۱۲۶	۶-۴-معرفی مناطق امید بخش معدنی و کنترل صحرایی
۱۳۰	۶-۴-۱-محدوده های امید بخش کانی زایی طلای اپی ترمال
۱۳۰	۶-۴-۱-۱-محدوده شماره ۱ و ۲
۱۳۰	۶-۴-۱-۲-محدوده شماره ۳
۱۳۱	۶-۴-۱-۳-محدوده شماره ۴
۱۳۱	۶-۴-۱-۴-محدوده شماره ۵
۱۳۲	۶-۴-۱-۵-محدوده شماره ۶
۱۳۳	۶-۴-۱-۶-محدوده شماره ۷
۱۳۴	۶-۴-۱-۷-محدوده شماره ۸
۱۳۴	۶-۴-۲-محدوده های امید بخش کانی زایی مس پورفیری
۱۳۴	۶-۴-۱-۲-محدوده شماره ۱
۱۳۴	۶-۴-۲-۲-محدوده شماره ۲
۱۳۵	۶-۴-۳-۲-محدوده شماره ۳
۱۳۵	۶-۴-۲-۴-محدوده شماره ۴
۱۳۶	۶-۴-۲-۵-محدوده شماره ۵
۱۳۶	۶-۴-۲-۶-محدوده شماره ۶
۱۳۶	۶-۴-۲-۷-محدوده شماره ۷

فصل هفتم: بحث و نتیجه گیری و پیشنهادات

۱۳۸	۷-۱-بحث و نتیجه گیری
۱۴۰	۷-۲-پیشنهادهای
۱۴۲	فهرست منابع

فهرست جداول

- جدول (۱-۵): مشخصات نقاط معدنی محدوده مورد مطالعه ۵۶
- جدول (۱-۶): جدول ارزش دهی و بافر سه گروه گسل ها در کانی زایی طلای اپی ترمال ۱۱۴
- جدول (۲-۶): جدول ارزش دهی سنگ های میزبان در کانی زایی طلای اپی ترمال ۱۱۵

فهرست اشکال

- شکل (۱-۳): موقعیت منطقه مطالعاتی و زون اهر- ارسباران ۲۳
- شکل (۲-۳): راههای ارتباطی منطقه مطالعاتی و زون اهر- ارسباران ۲۳
- شکل (۳-۳): نقشه زمین شناسی اهر و موقعیت محدوده مورد مطالعه ۲۴
- شکل (۱-۵): گسل های زمین شناسی منطقه مطالعاتی ۵۴
- شکل (۲-۵): ترکیب دو لایه اطلاعاتی جهت تهیه یک لایه واحد ۵۵
- شکل (۳-۵): نقشه نشانه های معدنی محدوده مطالعاتی ۵۷
- شکل (۴-۵): گسل ها و توده های نفوذی نیمه عمیق استخراج شده از داده های ژئوفیزیک هوایی ۵۸
- شکل (۵-۵): تصویر ماهواره ای نقشه $1/100,000$ اهر و محدوده مطالعاتی ۵۹
- شکل (۶-۵): گسل ها و ساختار حلقوی استخراج شده از تصاویر ماهواره ای ۶۰
- شکل (۷-۵): مناطق آلتراسیونی استخراج شده از تصاویر ماهواره ای ۶۰
- شکل (۸-۵): آنومالی های ژئوشیمیایی مس ۶۱
- شکل (۹-۵): آنومالی های ژئوشیمیایی مولیبدن ۶۲
- شکل (۱۰-۵): آنومالی های ژئوشیمیایی طلا ۶۲
- شکل (۱۱-۵): آنومالی های ژئوشیمیایی آنتیمون ۶۲
- شکل (۱۲-۵): آنومالی های ژئوشیمیایی نقره ۶۳
- شکل (۱۳-۵): آنومالی های ژئوشیمیایی آرسنیک ۶۳
- شکل (۱۴-۵): آنومالی های ژئوشیمیایی سرب ۶۳
- شکل (۱۵-۵): آنومالی های ژئوشیمیایی روی ۶۴
- شکل (۱۶-۵): ترکیب دو لایه اطلاعاتی جهت تهیه یک لایه واحد دوتایی ۶۴
- شکل (۱۷-۵): ترکیب گسل های زمین شناسی و تصویر ماهواره ای و ژئوفیزیک هوایی ۶۵
- شکل (۱-۶): لایه وزن دار شده ژئوشیمیایی مس ۶۹
- شکل (۲-۶): لایه وزن دار شده ژئوشیمیایی مولیبدن ۷۰
- شکل (۳-۶): لایه وزن دار شده ژئوشیمیایی طلا ۷۰
- شکل (۴-۶): لایه وزن دار شده ژئوشیمیایی نقره ۷۱
- شکل (۵-۶): لایه ژئوشیمیایی نهایی جهت مدل سازی مس پورفیری ۷۲
- شکل (۶-۶): لایه وزن دار شده آلتراسیون های اکسید آهن ۷۳
- شکل (۷-۶): لایه وزن دار شده آلتراسیون های رسی ۷۳

- شکل (۶-۸): لایه التراسیون دورسنجی جهت مدل سازی مس پورفیری ۷۴
- شکل (۶-۹): التراسیون های هیدروترمالی حاصل از نقشه زمین شناسی ۷۵
- شکل (۶-۱۰): نقشه دانستیه گسل های محدوده مورد مطالعه ۷۶
- شکل (۶-۱۱): نقشه نهایی گسل های منطقه جهت مدل سازی مس پورفیری ۷۶
- شکل (۶-۱۲): لایه نهایی ساختار حلقوی منطقه جهت مدل سازی مس پورفیری ۷۷
- شکل (۶-۱۳): لایه واحدهای نفوذی منطقه جهت مدل سازی مس پورفیری ۷۸
- شکل (۶-۱۴): واحدهای نفوذی کم عمق جهت مدل سازی مس پورفیری ۷۹
- شکل (۶-۱۵): نواحی امید بخش کانی زایی مس پورفیری - مدل ۱ ۸۱
- شکل (۶-۱۶): نواحی امید بخش کانی زایی مس پورفیری - مدل ۲ ۸۱
- شکل (۶-۱۷): نواحی امید بخش کانی زایی مس پورفیری - مدل ۳ ۸۲
- شکل (۶-۱۸): نواحی امید بخش کانی زایی مس پورفیری - مدل ۴ ۸۲
- شکل (۶-۱۹): نواحی امید بخش کانی زایی مس پورفیری - مدل ۵ ۸۳
- شکل (۶-۲۰): نواحی امید بخش کانی زایی مس پورفیری - مدل ۶ ۸۳
- شکل (۶-۲۱): لایه ژئوشیمیایی نهایی جهت مدل سازی طلای اپی ترمال ۸۵
- شکل (۶-۲۲): التراسیون های حاصل از نقشه زمین شناسی ۸۵
- شکل (۶-۲۳): گسل های شمال غربی - جنوب شرقی منطقه مطالعاتی ۸۷
- شکل (۶-۲۴): گسل های شمال شرقی - جنوب غربی منطقه مطالعاتی ۸۷
- شکل (۶-۲۵): گسل های شرقی - غربی منطقه مطالعاتی ۸۸
- شکل (۶-۲۶): لایه گسل های منطقه مطالعاتی جهت مدل سازی طلای اپی ترمال ۸۸
- شکل (۶-۲۷): نقشه سنگ های منشأ جهت مدل سازی طلای اپی ترمال ۸۹
- شکل (۶-۲۸): فهرست واحدهای ولکانیکی انتخاب شده ۹۰
- شکل (۶-۲۹): لایه واحدهای ولکانیکی جهت مدل سازی طلای اپی ترمال ۹۱
- شکل (۶-۳۰): نواحی امید بخش کانی زایی طلای اپی ترمال - مدل ۱ ۹۳
- شکل (۶-۳۱): نواحی امید بخش کانی زایی طلای اپی ترمال - مدل ۲ ۹۳
- شکل (۶-۳۲): نواحی امید بخش کانی زایی طلای اپی ترمال - مدل ۳ ۹۴
- شکل (۶-۳۳): نواحی امید بخش کانی زایی طلای اپی ترمال - مدل ۴ ۹۴
- شکل (۶-۳۴): نواحی امید بخش کانی زایی طلای اپی ترمال - مدل ۵ ۹۵
- شکل (۶-۳۵): نواحی امید بخش کانی زایی طلای اپی ترمال - مدل ۶ ۹۵
- شکل (۶-۳۶): لایه گسل های منطقه با ارزش های تعلق یافته بر اساس منطق فازی ۹۷
- شکل (۶-۳۷): نواحی امید بخش کانی زایی مس پورفیری - مدل ۱ ۹۹
- شکل (۶-۳۸): نواحی امید بخش کانی زایی مس پورفیری - مدل ۲ ۱۰۰
- شکل (۶-۳۹): نواحی امید بخش کانی زایی مس پورفیری - مدل ۳ ۱۰۰

- شکل (۶-۴۰): نواحی امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری - مدل ۴a ۱۰۱
- شکل (۶-۴۱): نواحی امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری - مدل ۴b ۱۰۱
- شکل (۶-۴۲): نواحی امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری - مدل ۵a ۱۰۲
- شکل (۶-۴۳): نواحی امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری - مدل ۵b ۱۰۲
- شکل (۶-۴۴): نمودار درختی ترکیب و مدل‌سازی لایه‌های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۱ ۱۰۳
- شکل (۶-۴۵): نمودار درختی ترکیب و مدل‌سازی لایه‌های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۲ ۱۰۴
- شکل (۶-۴۶): نمودار درختی ترکیب و مدل‌سازی لایه‌های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۳ ۱۰۵
- شکل (۶-۴۷): نمودار درختی ترکیب و مدل‌سازی لایه‌های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۴a ۱۰۶
- شکل (۶-۴۸): نمودار درختی ترکیب و مدل‌سازی لایه‌های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۴b ۱۰۷
- شکل (۶-۴۹): نمودار درختی ترکیب و مدل‌سازی لایه‌های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۵a ۱۰۸
- شکل (۶-۵۰): نمودار درختی ترکیب و مدل‌سازی لایه‌های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۵b ۱۰۹
- شکل (۶-۵۱): ترکیب لایه‌های آلتراسیون با استفاده از منطق فازی - مدل ۴ ۱۱۰
- شکل (۶-۵۲): ترکیب لایه‌های ژئوشیمی با استفاده از منطق فازی - مدل ۴ ۱۱۱
- شکل (۶-۵۳): ترکیب لایه‌های ساختاری با استفاده از منطق فازی - مدل ۴ ۱۱۱
- شکل (۶-۵۴): ترکیب لایه‌های منشأ با استفاده از منطق فازی - مدل ۴ ۱۱۲
- شکل (۶-۵۵): ترکیب نهایی لایه‌های اکتشافی با استفاده از منطق فازی - مدل ۴ ۱۱۲
- شکل (۶-۵۶): واحدهای ولکانیکی انتخاب شده جهت مدل‌سازی طلای اپی‌ترمال ۱۱۵
- شکل (۶-۵۷): نواحی امید بخش کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال - مدل ۱ ۱۱۷
- شکل (۶-۵۸): نواحی امید بخش کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال - مدل ۲ ۱۱۷
- شکل (۶-۵۹): نواحی امید بخش کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال - مدل ۳ ۱۱۸
- شکل (۶-۶۰): نواحی امید بخش کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال - مدل ۴ ۱۱۸
- شکل (۶-۶۱): نمودار درختی ترکیب و مدل‌سازی لایه‌های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۱ ۱۱۹
- شکل (۶-۶۲): نمودار درختی ترکیب و مدل‌سازی لایه‌های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۲ ۱۲۰
- شکل (۶-۶۳): نمودار درختی ترکیب و مدل‌سازی لایه‌های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۳ ۱۲۱
- شکل (۶-۶۴): نمودار درختی ترکیب و مدل‌سازی لایه‌های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۴ ۱۲۲
- شکل (۶-۶۵): مراحل ترکیب لایه‌های ساختاری بر اساس منطق فازی - مدل ۴ ۱۲۳
- شکل (۶-۶۶): لایه ساختاری بدست آمده از مدل‌سازی فازی - مدل ۴ ۱۲۴
- شکل (۶-۶۷): مراحل ترکیب لایه‌های کانی‌زایی بر اساس منطق فازی - مدل ۴ ۱۲۴
- شکل (۶-۶۸): لایه کانی‌زایی بدست آمده از مدل‌سازی فازی - مدل ۴ ۱۲۵
- شکل (۶-۶۹): مراحل ترکیب لایه‌های آلتراسیون بر اساس منطق فازی - مدل ۴ ۱۲۵
- شکل (۶-۷۰): لایه آلتراسیون بدست آمده از مدل‌سازی فازی - مدل ۴ ۱۲۶

- شکل (۶-۷۱): مناطق امید بخش معرفی شده برای کانی‌زایی طلای اپی ترمال..... ۱۲۷
- شکل (۶-۷۲): مناطق امید بخش معرفی شده برای کانی‌زایی مس پورفیری..... ۱۲۸
- شکل (۶-۷۳): محدوده‌های انتخاب شده برای کنترل صحرایی..... ۱۲۹

فصل اول:

کلیات

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

با پیشرفت و توسعه سیستم‌های کامپیوتری طی چند دهه اخیر، امکاناتی برای متخصصان فراهم آمده که با ذخیره‌سازی، تجزیه، تغییر و تلفیق اطلاعات در مدت زمان کوتاهی می‌توان از آنها جهت تحلیل، برنامه‌ریزی و مدیریت منابع استفاده کرد. لذا استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی جهت مدیریت اطلاعات و تجزیه و تحلیل آنها به عنوان یکی از مهمترین علوم و فناوری‌های جدید در دو دهه اخیر از پیشرفت قابل ملاحظه‌ای برخوردار شده است [۱۳].

یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)^۱، یک سیستم رایانه‌ای برای مدیریت داده‌های فضایی (مکانی) است. عامل مشخص کننده‌ای که این تکنولوژی را از سایر سیستم‌های ذخیره و بازیابی اطلاعاتی متمایز می‌کند، نحوه نگرش آن به داده‌های فضایی است. با این ویژگی، GIS به عنوان یک فناوری جدید، تبدیل به روشی پویا در تجزیه و تحلیل داده‌های کمی و کیفی و طراحی انواع تصاویر جغرافیایی گشته است.

از طرفی اکتشاف ذخایر معدنی در یک منطقه، مستلزم تجزیه و تحلیل زمین‌شناسی است که خود در گرو انجام فرآیند ترکیب یا تلفیق و مدل سازی داده‌های متنوع برداشت شده از آن منطقه می‌باشد. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به دلیل برخورداری از امکانات تجزیه و تحلیل داده‌های مختلف و ایجاد ارتباط بین لایه‌های مختلف اطلاعاتی، به مهندسین معدن و زمین شناس امکان می‌دهد که از طریق تلفیق و تحلیل داده‌های حاصل از منابع متفاوت و ایجاد نقشه‌های جدید در جهت اکتشاف ذخایر معدنی و تصمیم‌گیری نهایی گام بردارند [۲].

^۱ - Geographic Information System (GIS)

۱-۲- سیستم اطلاعات جغرافیایی

سیستم اطلاعات جغرافیایی یک سیستم رایانه‌ای ویژه است که قابلیت جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، مدیریت، بازیابی، تغییر، تحلیل، مدل‌سازی و نمایش اطلاعات مکانی و غیر مکانی (توصیفی) را دارد. این مجموعه داده‌هایی را که بر مبنای موقعیت‌شان (داده‌های فضایی) مشخص می‌شوند، با اطلاعات غیر مکانی ادغام کرده و در اهداف مورد نظر به کار می‌گیرد.

سیستم اطلاعات جغرافیایی که به اختصار GIS بیان می‌شود، خلاصه شده عبارت Geographic Information System می‌باشد.

کلمه جغرافیا که سازنده بخش G در GIS است به معنای موقعیت مکانی داده‌ها بر حسب مختصات جغرافیایی می‌باشد. بخش I از کلمه اطلاعات مربوط به لایه‌های اطلاعاتی ناحیه مورد بررسی است که شامل تمامی اطلاعات اعم از نقشه‌ها، گزارشات، جداول و... می‌باشد. واژه سیستم سازنده بخش S به مفهوم رابطه بین مجموعه اجزاء سازنده یک GIS است که امکان نگهداری، تجزیه و تحلیل، مدل‌سازی لایه‌های اطلاعاتی را فراهم می‌کند. بنابراین یک سیستم اطلاعات جغرافیایی را می‌توان دانش مدیریت و تجزیه و تحلیل اطلاعات جغرافیایی دانست [۱۲].

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی همانطور که گفته شد سیستمی رایانه‌ای است، لذا نیازمند نرم‌افزارهای مخصوصی می‌باشد. در حال حاضر چندین نرم‌افزار خاص، کاربران زیادی پیدا کرده که از جمله می‌توان به نرم‌افزارهای شرکت ESRI که شامل ArcView، ArcGIS، ArcInfo و... می‌باشد، اشاره نمود.

افزایش روز افزون انواع اطلاعات مکانی و حجم آنها، نیاز به دسترسی سریع و آسان به اطلاعات مکانی و تجزیه و تحلیل آنها از یک طرف و امکان اجرای نرم‌افزارهای GIS بر روی کامپیوترهای خانگی و پایین بودن قیمت نرم‌افزارهای مرتبط و نیز قدرت و توانایی‌های نرم‌افزارهای موجود در تحلیل مکانی،

ترکیب و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی از دلایل عمده پیشرفت سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در دو دهه اخیر می‌باشد [۱۱].

۱-۳- هدف سیستم اطلاعات جغرافیایی

هدف نهایی در اکثر پروژه‌های سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، ترکیب داده‌های مختلف از منابع گوناگون به منظور توصیف، تحلیل پدیده‌ها یا ایجاد نقشه‌های جدید است که می‌توانند نهایتاً در تصمیم‌گیری‌ها مورد استفاده قرار گیرند. به عنوان مثال یک مهندس اکتشاف با مونتاژ کردن داده‌ها به شکل نقشه پتانسیل معدنی می‌تواند از سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت تصمیم‌گیری اولویت‌های اکتشافی استفاده کند.

مهم‌ترین قابلیت GIS را باید امکان انجام تحلیل‌های پیچیده داده‌های مکانی (فضایی)^۱ و توصیفی^۲ دانست. GIS کاربر را قادر به نمایش و تحلیل نقشه و داده‌های جدولی بطور هم‌زمان می‌کند و از طریق یکی از آنها، دیگری را بازیابی می‌نماید. همچنین می‌تواند به کمک توابع تحلیلی اطلاعات بیشماری را از داده‌های موجود استخراج کند و به مدل‌سازی و پیش‌بینی بپردازد. انعطاف‌پذیری را باید مشخصه دیگر GIS برشمرد. امکان سریع نقشه‌ها، تبدیل و انتقال داده‌ها به قالب‌های مختلف و تهیه گزارش به اشکال متعدد از قابلیت‌های ویژه GIS می‌باشد که در گذشته تهیه آنها به روش‌های سنتی و دستی امکان‌پذیر نبود [۱۲].

^۱ - Spatial data

^۲ - Descriptive data

۱-۴- کاربرد GIS در علوم زمین

امروزه GIS در زمینه‌های مختلف کاربرد پیدا کرده و این روند به طور روز افزون در حال توسعه است، به طوری که اغلب سازمان‌ها و موسسات با شناخت بیشتر توانمندی‌های آن، به استفاده از قابلیت‌های ذخیره‌سازی، ساماندهی، مدیریت، تحلیل و نمایش اطلاعات این سیستم علاقه نشان می‌دهند. در حال حاضر از GIS در مطالعات زیست محیطی، برنامه‌ریزی شهری، کشاورزی، حمل و نقل، علوم نظامی و... به طور گسترده استفاده می‌گردد. علوم زمین نیز از این امر مستثنی نبوده و جستجو برای انواع منابع زمین‌شناسی، تهیه نقشه پتانسیل معدنی، تهیه نقشه‌های حوادث و بلایای طبیعی و... از کاربردهای GIS در علوم زمین می‌باشد.

تهیه نقشه‌های پتانسیل معدنی کاربرد متداول زمین‌شناسی و اکتشاف در GIS می‌باشد [۱۳].

۱-۵- هدف از انجام پایان نامه

محدوده مورد مطالعه در استان آذربایجان شرقی، از لحاظ منابع اکتشافی و ذخایر معدنی جزء مناطق مستعد کشور می‌باشد. هدف از انجام این مطالعه، ارائه مناطق مستعد کانی‌زایی در قسمتی از برگه زمین‌شناسی ۱۰۰,۰۰۰/۱ اهر با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌باشد. در مطالعه حاضر پس از بررسی‌های اکتشافی و تعیین مدل کانی‌زایی غالب در منطقه، با استفاده از داده‌های اکتشافی موجود از جمله زمین‌شناسی، دورسنجی و ژئوشیمی و ... از روش‌های همپوشانی شاخص^۱ و منطق فازی^۲ در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، جهت تلفیق نهایی داده‌ها و معرفی نواحی مستعد کانه‌زایی استفاده شده است.

جهت نیل به این هدف از نرم‌افزارهای ArcView 3.3، ArcGIS 9.0 و نرم‌افزارهای الحاقی Spatial Analyst و Spatial Data Modeller استفاده شده است.

^۱ - Index overlay

^۲ - Fuzzy logic

۱-۶- سوابق مطالعاتی در منطقه

محدوده مورد مطالعه در برکه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ اهر و در زون اهر- ارسباران واقع شده که یکی از مناطق مطالعاتی بیست‌کانه سازمان زمین‌شناسی کشور می‌باشد. این محدوده بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ اهر است که با توجه به سابقه تاریخی معدنکاری، از جمله وجود کارهای معدنی قدیمی، سرباره‌های کوره‌های ذوب مس، وجود اسامی روستاهایی چون زایلیک، مسگر، دمیرچی (دمیر به معنای آهن) و زرگر حاکی از وجود پتانسیل ذخایر معدنی طلا، آهن، مس و مولیبدن همراه آن می‌باشد.

مطالعات اکتشافی و بهره‌برداری از معادن منطقه به حدود یکصد سال قبل بر می‌گردد. اما فعالیت‌های اکتشافی از سال ۱۳۴۰ به بعد به صورت منظم‌تر و وسیع‌تر انجام شده که از جمله فعالیت‌های اکتشافی می‌توان به اکتشاف کانسار مس و مولیبدن در بخش‌های وسیعی از منطقه از جمله سونگون، مزرعه، بلوجه، ورزقان و کیقال اشاره نمود. در چارچوب اکتشاف ذخایر آلونیت، سازمان زمین‌شناسی کشور موفق به کشف ذخایر آلونیت همراه با کائولن در شمال اهر، ناحیه زایلیک و ناحیه نقدوز (محدوده مورد مطالعه) شده است [۵ و ۸].

در سالهای اخیر نیز با توجه به توانمندی و پتانسیل معدنی زون ارسباران چندین طرح مطالعاتی اجرا گردیده که از مهم‌ترین آنها می‌توان به طرح‌های تهیه نقشه متالورژی استان آذربایجان شرقی توسط شرکت مهندسين مشاور پیچاب کاوش، طرح مطالعات اکتشافی طلای اپی‌ترمال و مس-مولیبدن پورفیری ارسباران و نیز طرح اکتشافات نمیه تفصیلی- تفصیلی طلا در محدوده اکتشافی صفی‌خانلو- نقدوز که توسط سازمان زمین‌شناسی کشور اجرا شده، اشاره کرد.

هم اکنون نیز طرح شناسایی نواحی امیدبخش معدنی در زون ارسباران با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی جهت معرفی نواحی مستعد کانی‌زایی در گروه ژئومتیکس سازمان زمین‌شناسی کشور در حال انجام می‌باشد. این پایان‌نامه در راستای انجام اکتشاف ذخایر معدنی در منطقه اهر با

استفاده از داده‌های اکتشافی برداشت شده توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تعریف و اجرا شده است.

۷-۱- روش انجام پایان‌نامه

با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، تهیه نقشه پتانسیل معدنی در سه مرحله به صورت زیر انجام می‌گیرد:

مرحله اول، شامل مرور اطلاعات قبلی، بررسی مدل‌های ذخایر معدنی و انتخاب یک مدل اکتشافی مناسب برای محدوده مورد مطالعه و ورود داده‌ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد.

مرحله دوم، شامل استخراج داده‌ها و اطلاعات زمین‌شناسی مرتبط با نوع ذخیره قابل انتظار و تهیه نقشه‌های نشانگر جهت استفاده برای نوع خاص کانی‌زایی می‌باشد.

مرحله سوم، شامل ترکیب نقشه‌های نشانگر با استفاده از روش‌های همپوشانی شاخص و منطق فازی جهت تهیه نقشه پتانسیل معدنی و در نهایت ارائه نقشه پتانسیل نهایی می‌باشد.

۸-۱- ساختار پایان‌نامه

این تحقیق در هفت فصل به شرح زیر بررسی و جمع‌آوری گردید:

فصل اول همان‌طور که مرور گردید شامل کلیاتی راجع به سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، اهداف و روش انجام پایان‌نامه می‌باشد. فصل دوم به تفصیل به بررسی روش‌های مدل‌سازی و چگونگی تلفیق داده‌های اکتشافی در GIS جهت تهیه نقشه‌های پتانسیل معدنی می‌پردازد. در فصل سوم کانی‌زایی و زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی از نظر متالورژی بررسی می‌شود. در فصل چهارم پارامترهای مؤثر در کانی‌زایی احتمالی منطقه به صورت مدل‌های اکتشافی مورد بحث قرار می‌گیرد. در فصل پنجم با توجه به پارامترهای مؤثر در کانی‌زایی ارائه شده در فصل چهارم، داده‌های اکتشافی در GIS آماده

سازی و مورد پردازش اولیه قرار می‌گیرد. در فصل ششم لایه‌های اطلاعاتی بر اساس روش‌های مدل‌سازی موجود در GIS با هم ترکیب و نواحی امید بخش معدنی منطقه معرفی می‌گردد. در فصل هفتم نتیجه گیری و پیشنهادات لازم ارائه می‌گردد.

فصل دوم:

مدل سازی و تلفیق داده های اکتشافی در GIS

فصل دوم

مدل سازی و تلفیق داده‌های اکتشافی در GIS

۲-۱- مقدمه

کشور ما یکی از غنی‌ترین کشورهای جهان از لحاظ پتانسیل معدنی می‌باشد. وجود بخش اعظم اطلاعات به صورت آنالوک، جدا بودن اطلاعات مکانی و توصیفی و عدم وجود یک تفکر سیستمی در اخذ مدیریت، دسترسی و کاربرد اطلاعات، استفاده بهینه از این ثروتهای ملی را با مشکل مواجه ساخته است. استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی جهت مدیریت اطلاعات، تلفیق و تحلیل آنها به عنوان یکی از مهمترین علوم و فناوری‌ها جهت پاسخگویی به مشکلات مذکور محسوب می‌شود. در گذشته انتخاب، ارزیابی و ترکیب شواهد و مدارک ذخایر معدنی با کمک یک میز نوری انجام می‌گردید و نقشه‌های گوناگون به طور فیزیکی روی هم قرار می‌گرفتند تا روابط مشترک بین آنومالی‌ها تعیین شود [۷].

۲-۲- تهیه نقشه‌های پتانسیل معدنی

اکتشافات معدنی یک فعالیت چند مرحله‌ای است که در مقیاس کوچک آغاز شده و به مقیاس بزرگ تبدیل می‌شود و سرانجام به انتخاب محل‌هایی به عنوان هدف برای حفاری به منظور دستیابی به ذخیره معدنی منجر می‌گردد.

در GIS و در مرحله نخست، اطلاعات و داده‌های اولیه از جمله لیتولوژی، تکتونیک، ژئوفیزیک، ژئوشیمی، دورسنجی، آلتراسیون و ... گردآوری می‌شود. این مرحله یکی از مهمترین مراحل کار می‌باشد. سپس اطلاعات فوق رقمی شده تا در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی آماده سازی و سازماندهی گردد.

سیستم اطلاعات جغرافیایی با تلفیق اطلاعات مکانی و توصیفی و ایجاد پایگاه داده جغرافیایی امکان تلفیق لایه‌های اطلاعاتی را طبق مدل‌های مورد نیاز کاربران فراهم می‌آورد. مدل‌های متفاوتی برای تلفیق اطلاعات، پیدا کردن احتمال کانی‌زایی و ارزیابی یک ذخیره معدنی وجود دارد که این مدل‌ها بر پایه داده‌های موجود (مانند اندیس‌های معدنی) و یا بر پایه نظر و دانش کارشناسی استوار است. بطور کلی می‌توان طرح‌های GIS برای تهیه نقشه‌های پتانسیل معدنی را به سه مرحله اصلی تقسیم نمود. نخستین مرحله، ایجاد پایگاه داده‌ای GIS از کلیه داده‌ها موجود می‌باشد. دومین مرحله پردازش داده‌ها جهت بیرون کشیدن الگوهای فضایی مربوط به اهداف طرح است. و مرحله آخر شامل ترکیب شواهد به دست آمده به منظور پیش بینی پتانسیل معدنی می‌باشد.

۲-۲-۱- مرحله اول

این مرحله شامل ساختن پایگاه داده‌ها بوده که جزء وقت‌گیرترین مراحل طرح می‌باشد و در مطالعات GIS بیشتر متداول است. این مرحله با پایه‌ریزی گستره‌های فضایی ناحیه مورد مطالعه، انتخاب یک سیستم تصویر عملی^۱ مناسب و مونتاژ کردن داده‌های فضایی متنوع سروکار دارد. مهمترین منابع داده‌ها در تهیه نقشه پتانسیل معدنی شامل نقشه زمین‌شناسی، آلتراسیون، ساختارها، آنومالی ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی می‌باشد که به صورت رقومی در آمده و ذخیره می‌گردد.

۲-۲-۲- مرحله دوم

تجزیه و تحلیل لایه‌های اطلاعاتی بعد از مرحله جمع‌آوری، ورود داده‌ها و تشکیل بانک اطلاعاتی مهمترین قسمت یک پروژه GIS می‌باشد. در این مرحله لایه‌های ورودی به منظور بیرون کشیدن شواهد مهم برای پیش‌بینی انباشته‌های معدنی پردازش و تجزیه و تحلیل می‌گردند.

^۱ - Projection

در تجزیه و تحلیل لایه‌های اطلاعاتی جهت تهیه نقشه پتانسیل معدنی مهمترین چیزی که باید بدان توجه شود نوع ماده معدنی مورد نظر و شرایط تشکیل آن می‌باشد. لذا انتخاب یک مدل اکتشافی و کانی‌زایی ضروری است. انتخاب داده‌ها و اطلاعات به دست آمده از آن و اختصاص وزن‌ها به نقشه‌های نشانگر^۱ (شاهد) همگی به مدل ذخیره بستگی دارند. گرچه هیچ دو ذخیره‌ای از یک نوع به طور کامل شبیه هم نیستند و نمی‌توان آنها را دقیقاً در یک مجموعه داده اکتشافی محلی به کار برد. اما مشخصات عمومی حاکم بر یک مدل اکتشافی، راهنمای صحیحی در تعیین پارامترهای کانی‌زایی و امتیازدهی و طبقه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی می‌باشد.

به عنوان مثال، در این مرحله نقشه زمین‌شناسی با توجه به نوع کانی‌زایی به تعداد کوچکتری از واحدها یا کلاس‌های نقشه تعمیم داده می‌شود. مثال دیگر آن که نوع خاصی از آلتراسیون از نقشه آلتراسیون تفکیک می‌گردد.

۲-۲-۳- مرحله سوم

سومین مرحله شامل تلفیق نقشه‌های مختلف با یکدیگر است که شواهدی را برای یافتن پتانسیل مورد نظر فراهم سازد. این در دو مرحله صورت می‌گیرد که محصول نهایی آن، نقشه پیش‌بینی کننده‌ای است که مطلوبیت نسبی یا پتانسیل معدنی منطقه را نشان می‌دهد. چنین پتانسیلی به وسیله وزن‌دار کردن و ترکیب منابع متعدد به صورتی ساده یا بر اساس یک منطق یا روش ریاضی انجام می‌پذیرد. تخصیص وزن‌ها به نقشه‌ها و کلاس‌های آنها یا توسط تجزیه و تحلیل اهمیت شواهد و مدارک مربوط به اندیس‌های معدنی معلوم و ارتباط آنها با کلاس‌های نقشه‌های مختلف انجام می‌گیرد یا با استفاده از قضاوت ذهنی کارشناسان زمین‌شناس و معدن انجام می‌شود.

^۱ - Evidence Maps

به عبارت دیگر تخصیص وزن‌ها به لایه‌ها توسط دو مدل متکی بر داده‌ها^۱ و مدل متکی بر دانش^۲ صورت می‌گیرد. در مدل سازی متکی بر داده‌ها نقشه‌های ورودی گوناگون با استفاده از مدل‌هایی نظیر رگرسیون لجستیکی^۳، وزن‌های نشانگر^۴ و یا تجزیه و تحلیل شبکه‌های عصبی^۵ ترکیب می‌شوند. از مدل های متکی بر دانش نیز می‌توان به استفاده از روش‌های منطق فازی^۶ و روش همپوشانی شاخص^۷ اشاره نمود [۱۳، ۱۴ و ۱۵].

۲-۳- مدل سازی در GIS

همانطور که در بخش قبل اشاره گردید، مدل‌سازی به دو روش مدل متکی بر داده‌ها و مدل متکی بر دانش انجام می‌گیرد. در این پایان‌نامه از روش‌های متکی بر دانش یا قضاوت کارشناسی جهت مدل‌سازی پتانسیل معدنی استفاده شده است. در این بخش به توضیح روش‌هایی که بر اساس مدل متکی بر دانش انجام می‌گیرند، پرداخته می‌شود.

۲-۳-۱- روش‌های مدل سازی متکی بر دانش کارشناسی

۲-۳-۱-۱- روش منطق بولین^۸

روش بولین ساده‌ترین روش مدل‌سازی در GIS می‌باشد. مجموعه داده‌های اکتشافی بصورت دوتایی^۹ درست یا غلط (وجود یک شرط یا عدم وجود) تنظیم می‌گردند. یک مثال ساده برای روش همپوشانی بولین انتخاب مناطقی است که سه شرط زیر را دارا باشد:

^۱ - Data-driven

^۲ - Knowledge-driven

^۳ - Logistic regression

^۴ - Weights of evidence

^۵ - Neural network

^۶ - Fuzzy logic

^۷ - Index overlay

^۸ - Boolean logic

^۹ - Binary

در موقعیت ۱۰۰ متری از گسل‌ها واقع شده، جنس سنگ‌ها ولکانیک میوسن و نیز در محدوده ۵۰۰ متری نمونه خاکی که دارای عیار طلا ۱۰۰ ppb می‌باشد، واقع گردد. جواب هر یک از این سوالها، وجود یا عدم وجود شرایط فوق است. مناطقی که هر سه شرط را دارا باشند یعنی در محدوده ۱۰۰ متری گسل‌ها، داخل سنگهای ولکانیک میوسن و محدوده ۵۰۰ متری نمونه طلادار واقع شوند، می‌تواند بیانگر پتانسیل کانی‌زایی باشد. این یک مثال از منطق بولین به روش "و"^۱ می‌باشد که همپوشانی بولین نیز نامیده می‌شود. منطق بولین می‌تواند به روش "یا"^۲ نیز انجام شود.

در واقع مدل‌سازی بولین با ترکیب منطقی نقشه‌های دوتایی حاصل از کاربرد عملگرهای شرطی سروکار دارد. هر یک از نقشه‌ها به عنوان یک شرط استفاده می‌شود که می‌تواند به صورت لایه‌ای از مدارک و شواهد فرض شود.

در این روش هر موقعیت برای تعیین این که به موقعیت‌های واجد شرط متعلق است یا نه، امتحان و بررسی می‌شود. عضویت در مجموعه به صورت یک یا صفر بیان می‌شود نه بصورت احتمال و امکان. فرضیه به تکرار بر روی همه موقعیت‌های منطقه مورد مطالعه ارزیابی می‌شود که حاصل آن یک نقشه دوتایی فرضی است.

مزیت و امتیاز رویکرد بولین سهولت و سادگی آن است. با این حال در عمل به طور معمول مناسب نیست چون برای هر یک از معیارهای ترکیب شده اهمیت یکسانی قائل می‌شود. شواهد و مدارک بایستی بسته به اهمیت نسبی خود وزن‌دار شوند. این مسئله در روش همپوشانی شاخص برطرف شده، به صورتی که هر لایه از اطلاعات بسته به تأثیرش در جواب نهایی، وزن‌دار می‌گردد [۱۹ و ۱۲].

^۱ - And

^۲ - Or

۲-۳-۱-۲- همپوشانی شاخص

روش همپوشانی شاخص یا آنالیز قابلیت تناسب یا مطلوبیت، شبیه روش همپوشانی بولین می‌باشد، با این تفاوت که برای هر لایه از اطلاعات می‌توان وزنه‌های متفاوتی اعمال کرد. روش همپوشانی شاخص را می‌توان برای ترکیب نقشه‌های چند کلاسه ورودی (چه بصورت رستری و چه بصورت برداری) به کار برد. در ضمن هر کلاسی^۱ در هر لایه می‌تواند یک وزنی را انتخاب نماید. لذا آن کلاس، بسته به وزن اعمال شده می‌تواند تأثیر مهمی در نتیجه نهایی داشته باشد.

در یک مثال اکتشافی که از چندین لایه مختلف ژئوشیمی، لیتولوژی و ساختارها جهت تعیین مناطق مستعد کانی‌زایی استفاده شده است، لایه‌ها وزن‌دهی می‌گردند. لایه‌ها برحسب اینکه کدام یک تأثیر بیشتری در کانی‌زایی می‌توانند داشته باشند وزن بالاتری می‌گیرند. در نهایت تمام وزنها جهت تهیه لایه نهایی طبق فرمول‌هایی که ارائه می‌گردد، با هم ترکیب می‌شوند.

این روش یکی از ساده‌ترین روشهای ترکیبی نقشه‌های نشانگر می‌باشد. در این روش وزن‌های انتخابی (مساوی یا متفاوت) به نقشه‌ها داده می‌شود. همچنین به کلاس‌های هر نقشه نیز می‌توان وزن‌هایی متفاوت یا مساوی نسبت داد. این روش برای نقشه‌های دوتایی و همچنین نقشه‌های چندکلاسه قابل اجرا می‌باشد. در حالتی که نقشه‌های ورودی دوتایی باشند، هر نقشه در فاکتور وزن نسبت داده شده ضرب شده و با کلیه نقشه‌های در حال ترکیب جمع می‌شود. سپس برای نرمالیزه کردن، تقسیم بر مجموع وزن‌ها می‌گردد. نتیجه حاصل (S) به صورت نقشه‌ای جدید بدست می‌آید که در هر مکان از ناحیه مورد مطالعه امتیاز نهایی S به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \text{class}(MAP_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (۱-۲)$$

^۱ - Record

در این رابطه W_i وزن نقشه i ام و عدد یک برای کلاس MAP_i برای حضور شرایط دوتایی و صفر برای عدم حضور آن است.

برای نقشه های چند کلاسه که ممکن است امتیازات مختلفی به کلاس های هر نقشه نسبت داده شود، مقدار S از رابطه زیر بدست می آید:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n S_{ij} W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (2-2)$$

در این رابطه S امتیاز بدست آمده بعد از ترکیب نقشه ها برای هر مکان از محدوده مورد مطالعه می باشد، W_i وزن i امین نقشه ورودی و S_{ij} امتیاز i امین کلاس از i امین نقشه است [۱۲ و ۱۳ و ۱۸]. در عمل چون زها مختلف هستند لازم است رابطه بالا به صورت زیر اصلاح گردد.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S_{ij} W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (3-2)$$

همپوشانی های شاخص امکان ترکیب قابل انعطاف تر نقشه های نشانگر را در مقایسه با عملیات منطقی بولین به تنهایی فراهم می سازد. جداول امتیازات و وزن های نقشه ها می توانند به گونه ای تنظیم شوند که قضاوت یک کارشناس را در قلمرو کاربرد مورد نظر، منعکس نمایند. امتیازات نقشه ها می توانند به صورت اعداد صحیح مثبت یا اعداد حقیقی بدون محدودیت در گستره عددی انتخاب شوند (به جز دامنه ای که باید بین نقشه ها هماهنگ و سازگار باشد). بزرگترین نقطه ضعف این روش ماهیت افزوده خطی آن است [۱۳].

روش بعدی منطق فازی می باشد که از بسیاری جهات مشابه روش همپوشانی شاخص است که در آن قوانین ترکیب، انعطاف پذیرترند و مشکل ماهیت افزایشی و خطی مدل اصلاح شده است.

۳-۱-۳-۲ - منطق فازی

یک مجموعه به صورت کلاسیک و قطعی^۱ مجموعه‌ای است از عناصر یا اجزاء $x \in X$ که X می‌تواند محدود، قابل شمارش یا غیرقابل شمارش باشد. هر جزء منفرد، می‌تواند متعلق به مجموعه X باشد و یا نباشد. در صورت تعلق عضو x به مجموعه X درجه عضویت آن یک و در غیر این صورت درجه عضویت آن صفر است.

به عبارت دیگر اگر X را یک مجموعه مرجع دلخواه در نظر بگیریم، تابع عضویت^۲ هر زیر مجموعه معمولی A از X ، یک تابع از X به $\{0, 1\}$ است، که اینگونه تعریف می‌شود:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & x \in A \\ 0 & x \notin A \end{cases} \quad (۴-۲)$$

حال اگر برد تابع عضویت را از مجموعه دو عضوی $\{0, 1\}$ به بازه $[0, 1]$ توسعه دهیم، یک تابع خواهیم داشت که به هر x از X عددی را از بازه $[0, 1]$ نسبت می‌دهد که این تابع را تابع عضویت می‌نامیم. اکنون A دیگر یک مجموعه معمولی نیست، بلکه یک مجموعه فازی است.

در صورتی که X را مجموعه مرجع موضوع مورد بحث در نظر بگیریم یک مجموعه فازی A در X مجموعه‌ای از زوجهای مرتب $A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$ است. در اینجا $\mu_A(x)$ تابع عضویت از x در A که میزان تعلق x به مجموعه فازی A را نشان می‌دهد. $\mu_A(x)$ ممکن است هر مقدار حقیقی در فاصله $[0, 1]$ را بگیرد.

$$\mu_A(x) : x \rightarrow [0, 1] \quad (۵-۲)$$

پس هر چه مقدار $\mu_A(x)$ به عدد یک نزدیک‌تر باشد نشان دهنده تعلق بیشتر x به مجموعه فازی A است و بالعکس نزدیکی آن به صفر نشان دهنده تعلق کمتر x به A است [۲۰ و ۱۴].

^۱ - Crisp

^۲ - Membership function

در مجموعه فازی تابع عضویت می‌تواند خطی یا غیرخطی باشد. عضویت در مجموعه فازی همیشه در ارتباط با یک موضوع یا هدف قطعی است. در اکتشاف معدن، موضوع محل مناسب برای ذخایر معدنی می‌باشد.

یک سری از عملگرهای^۱ فازی مشابه عملگرهای مجموعه‌های کلاسیک می‌باشند و مشابه آنها عمل می‌کنند که شامل تساوی، اجتماع و اشتراک می‌باشند. توسط عسگرزاده^۲ (۱۹۶۵، ۱۹۷۳، ۱۹۸۳) و زیمرمان^۳ (۱۹۹۱) عملگرهای فازی متنوعی تعریف شد. پنج عملگر مختلف که در ترکیب مجموعه داده‌های اکتشافی استفاده می‌گردد، عبارتند از: عملگر "و" فازی، عملگر "یا" فازی، حاصل ضرب جبری فازی^۴، جمع جبری فازی^۵، عملگر فازی گاما^۶

۲-۳-۱-۳-۱- عملگر "و" فازی

این عملگر، مانند عملگر "و" در منطق بولین عمل می‌کند و نقشه خروجی توسط کوچکترین مقدار عضویت فازی کنترل می‌شود و یک نتیجه محافظه کارانه را از مجموعه عضویت‌ها ارائه می‌دهد.

$$\mu_{combination} = \text{Min}(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots) \quad (2-6)$$

که در رابطه فوق μ_A مقدار عضویت فازی برای نقشه A می‌باشد.

عملیات "و" در مواقعی که دو یا چند قسمت از مدارک و شواهد، برای اثبات فرضیه‌ای باید باهم وجود داشته باشند، مناسب است.

^۱ - Operators

^۲ - Asghar Zadeh

^۳ - Zimmerman

^۴ - Fuzzy algebraic product

^۵ - Fuzzy algebraic sum

^۶ - Fuzzy γ -operator

۲-۳-۱-۳-۲- عملگر "یا" فازی

این عملگر نیز، هم مانند عملگر "یا" در منطق بولین است و نقشه خروجی توسط بیشترین مقادیر نقشه‌های ورودی کنترل می‌شود.

$$\mu_{combination} = \max(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots) \quad (۷-۲)$$

این عملگر در برخی موارد برای تهیه نقشه‌های پتانسیل معدنی بکار می‌رود. در جاهایی که شاخص‌های مورد نظر در کانی‌زایی کمیابند و حضور هر نشانگر می‌تواند برای اظهار مطلوبیت کافی باشد.

۲-۳-۱-۳-۲- حاصل ضرب جبری فازی

این عملگر به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{combination} = \prod_{i=1}^n \mu_i \quad (۸-۲)$$

در این رابطه i تعداد نقشه‌ها می‌باشد. چون در این تابع چندین عدد کوچکتر از یک درهم ضرب می‌شوند، مقدار عضویت بدست آمده همواره کوچکتر یا مساوی کوچکترین مقدار عضویت مشترک^۱ می‌باشد. به عبارت دیگر اثر این عملگر کاهنده است.

۲-۳-۱-۳-۲- جمع جبری فازی

این عملگر مکمل حاصل ضرب جبری فازی است و بدین صورت تعریف می‌شود:

$$\mu_{combination} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \quad (۹-۲)$$

^۱ - Contributing

نتیجه خروجی همیشه بزرگتر یا مساوی بزرگترین مقدار عضویت فازی می‌باشد و برعکس حاصلضرب جبری فازی، اثر آن افزایشی است. در واقع شواهد همدیگر را تقویت می‌کنند و تأثیر مثبت بیشتری را نسبت به حالت انفرادی خود اعمال می‌کنند.

۲-۳-۱-۳-۵- عملگر فازی گاما

این اپراتور برحسب حاصل ضرب جبری فازی و حاصل جمع جبری فازی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\mu_{combination} = \left(\prod_{i=1}^n \mu_i \right)^{1-\gamma} \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \right)^{\gamma} \quad (2-10)$$

اپراتور فازی گاما، ترکیبی از حاصل ضرب جبری فازی و حاصل جمع جبری فازی می‌باشد که در آن پارامتر γ در محدوده صفر تا یک انتخاب می‌گردد. به طوری که اگر γ یک باشد، ترکیب همان جمع جبری فازی خواهد بود و اگر γ صفر باشد ترکیب مساوی ضرب جبری فازی است. انتخاب صحیح و آگاهانه γ ، مقدارهایی در خروجی به وجود می‌آورد که نقش فزاینده جمع جبری فازی و نقش کاهش دهنده ضرب جبری فازی در آن عمل می‌کند و کل مجموعه را به حالت تعادل می‌رساند.

به وسیله اپراتور گاما تمامی مجموعه‌هایی که توسط عملگرهای دیگر بدست آمده‌اند باهم ترکیب و نقشه خروجی حاصل می‌شود. در پروژه‌های اکتشافی مقادیر تابع فازی گاما محاسبه شده، نشان دهنده محل‌های مناسب کانی‌زایی و معرف میزان ارتباط بخش‌های محتمل کانی‌سازی شده به بخش‌های مختلف منطقه خواهد بود [۱۲ و ۱۴].

فصل سوم:

زمین‌شناسی و کانی‌زایی در منطقه مورد مطالعه

فصل سوم

زمین‌شناسی و کانی‌زایی در منطقه مورد مطالعه

۳-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه

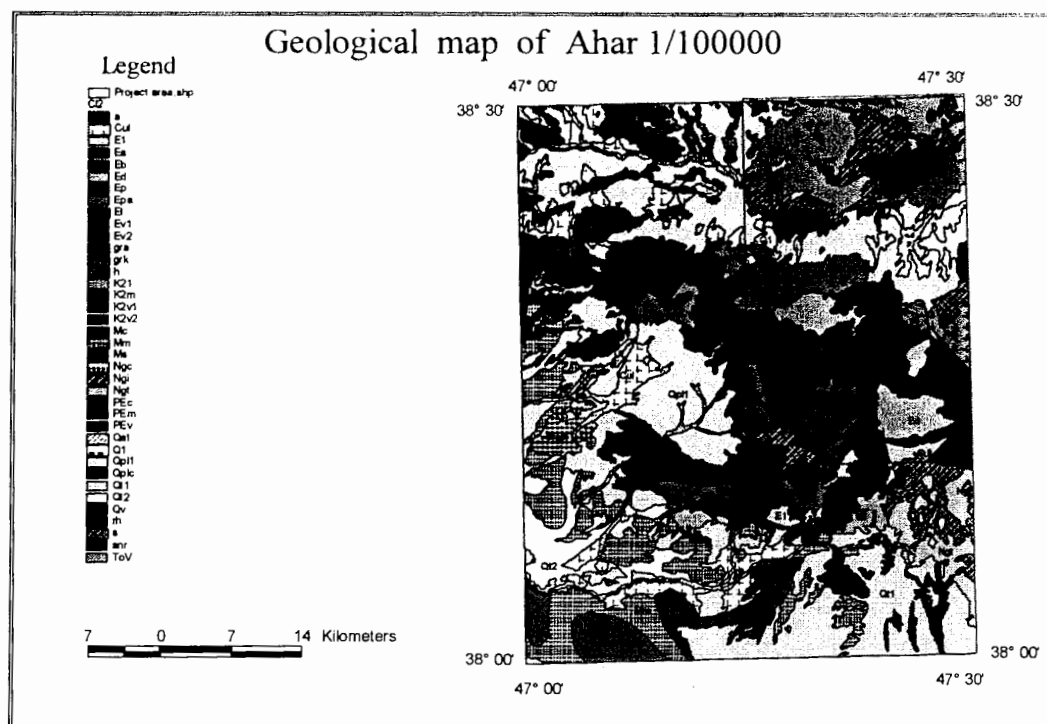
منطقه مورد بررسی بخشی از چهارگوش نقشه زمین‌شناسی اهر بوده که در محدوده طول جغرافیایی $47^{\circ} 15'$ تا $47^{\circ} 30'$ و عرض جغرافیایی $38^{\circ} 10'$ تا $38^{\circ} 30'$ واقع شده است. این منطقه از لحاظ تقسیمات کشوری در استان‌های آذربایجان شرقی و اردبیل واقع گردیده و راه آسفalte تبریز - اهر - مشکین شهر از راههای ارتباطی به این منطقه می‌باشد. این محدوده از لحاظ موقعیت زمین‌شناسی در زون اهر - ارسباران قرار گرفته است.

شکل‌های (۳-۱) و (۳-۲) به ترتیب موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی محدوده مورد مطالعه و نیز موقعیت آن در زون اهر - ارسباران را نشان می‌دهد.

۳-۲- زمین‌شناسی عمومی منطقه

منطقه مورد مطالعه که قسمتی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ اهر می‌باشد، اغلب شامل سنگ‌های آذرین بیرونی، آذرین درونی و سنگ‌های رسوبی مربوط به دوران ترشیری است که حدود ۸۰ درصد کل سنگ‌های منطقه اهر را شامل می‌گردد. واحدهای قدیمی‌تر در منطقه، از کرتاسه بالائی با رخساره دریائی شروع شده که بیشتر از گدازه‌های آندزیتی تا آندزیتی بازالتی همراه با مواد آذر آواری و نهشته‌های رسوبی می‌باشد و تنها در چند ناحیه در قسمت غرب و شمال غرب نقشه اهر مشاهده می‌شود. فعالیت‌های آتشفشانی در ائوسن میانی با رخساره دریائی - خشکی به اوج خود می‌رسد. در

انوسن بالائی - الیکوسن فعالیت‌های آذرین به صورت پلوتونیزم بوده و توده‌های کرانیتوئیدی در درون واحدهای آتشفشانی - رسوبی، پالنوسن - انوسن و کرتاسه قرار گرفته‌اند. فعالیت‌های آذرین در این دوره متوقف نشده و در نئوژن به صورت نفوذ توده‌های نفوذی کم عمق داسیتی - ریوداسیتی و تراکیتی، تراکی‌اندزیت و بازالتی ادامه یافته است. دگرسانی‌های گرمابی مرتبط با فرآیندهای پس از ماگمایی توده‌های نفوذی و گنبد‌های آتشفشانی نسبتاً گسترده بوده و بیشتر مناطق شمال غرب منطقه اهر را در بر می‌گیرد [۹]. شکل (۳-۳) نقشه کوچک شده زمین شناسی ۱/۱۰۰,۰۰۰ اهر را نشان می‌دهد.



شکل (۳-۳): نقشه زمین شناسی اهر و موقعیت محدوده مورد مطالعه که در داخل کادر مشخص شده است [۹]

واحدهای زمین شناسی واقع در محدوده مورد مطالعه مربوط به دوران ترشیری می‌باشند. لذا در این قسمت به تشریح واحدهای زمین‌شناسی ترشیری پرداخته می‌شود.

۳-۲-۱- ترشیری

۳-۲-۱- پالنوسن - انوسن

رخنمون‌های این واحد بیشتر شامل سنگ‌های آذرین بیرونی مربوط به محیط‌های قاره‌ای و دریای کم عمق می‌باشد. واحدهایی که در منطقه مورد مطالعه واقع شده‌اند عبارتند از:

Ep: این واحد بیشتر شامل توف برشی و ایگنمبریت همراه با آندزیت‌های پیروکسن‌دار و تراکی‌آندزیت به مقدار کم می‌باشد. ترکیب توفها بیشتر اسیدی و در حد ریوداسیت و داسیت می‌باشد.

Ev1: این واحد از سنگ‌های آتشفشانی رسوبی شامل توف و توفیت با ترکیب داسیتی تا آندزیتی تشکیل شده است.

Ea: این واحد شامل آندزیت تا تراکی‌آندزیت با بافت پورفیری تا مگاپورفیری است.

Ev2: این واحد کاملاً ترکیبی مشابه **Ev1** داشته و در بعضی نواحی مشابه **Ea** است. وجه تمایز **Ev2** از **Ev1** جوانتر بودن از نظر فاز تکتونیکی می‌باشد.

Eb: این واحد شامل گدازه‌های بازیک به صورت بازالت الیوین‌دار، آندزیت بازالت و آندزیت پیروکسن‌دار می‌باشد که همراه آنها سنگ‌های آذرآواری از نوع توف‌های اسیدی مشاهده می‌شود که بشدت سیلیسی و سرسیتی شده‌اند.

Ed: این واحد شامل توف‌های جوش خورده، برشی و بلوردار و توف حاوی قطعه‌های سنگی با ترکیب داسیتی تا ریوداسیتی می‌باشد.

Et: این واحد از گدازه‌های تراکی‌آندزیتی تا تراکیتی با بلورهای درشت آنالسیم تشکیل شده است.

Epa: این واحد شامل گدازه‌های آندزیت پیروکسن‌دار و آندزیت بازالت که به صورت رخنمون‌های کم ارتفاع در شمال شرقی منطقه دیده می‌شود. این واحد کاملاً خرد شده می‌باشد و پدیده‌های کانولینیتی شدن و آلونیتی شدن در آن به علت تأثیر محلول‌های گرمابی تقریباً عمومیت دارد.

می‌باشد، قرار دارد. منطقه ارسباران بخشی از کمربند کوهزایی آلپ - هیمالیا می‌باشد. گسل‌های موجود در این محدوده به سه دسته قابل تقسیم است.

۱- تراست‌ها یا گسل‌های معکوس با امتداد تقریباً شرقی-غربی

۲- گسل‌های امتداد لغز با روند عمومی شمال غرب- جنوب شرق

۳- گسل‌های مستقیم یا نرمال با روند شمالی- جنوبی

در محدوده مورد مطالعه روندهای گوناگونی از گسل‌ها وجود دارد ولی در مجموع از روند کلی حاکم بر زون تبعیت می‌کنند. راستای گسل‌های اصلی تقریباً شرقی-غربی است که با راستای جایگزین توده‌های نفوذی منطقه مطابقت دارد و گسل‌های منشعب از آن اغلب در جهت شمال غربی- جنوب شرقی و شمالی- جنوبی قرار گرفته‌اند. که با روند عمومی رگه‌های سیلیسی و کانه‌دار در محدوده مورد مطالعه مطابقت دارد [۹].

۳-۴- متالوژنی ناحیه مورد مطالعه

نظر به اینکه منطقه اهر در زون ارسباران واقع شده، لذا مطالعات متالوژنی به صورت کلی در زون ارسباران ارائه می‌گردد. قرار گرفتن در بخشی از کمان ماگمایی البرز غربی- آذربایجان- قفقاز کوچک و فعالیت‌های آتشفشانی- نفوذی ائوسن و الیگوسن که باعث تشکیل کانسارهای مس-مولیبدن پورفیری، اسکارنی، رگه‌ای و اپی‌ترمال شده است، اهمیت اقتصادی این زون را تقویت می‌کند. این زون در واقع ادامه جنوبی قفقاز کوچک بوده که با روند شمال غربی- جنوب شرقی وارد ایران می‌شود.

بر مبنای ویژگی‌های چینه‌نگاری و رویکردهای تکتونو ماگمایی در این زون، چهار چرخه زمین ساختمانی و فرآیندهای آن را می‌توان شناسایی کرد که وجوه اصلی در تحلیل متالوژنی به شمار می‌روند. در یک تقسیم‌بندی کلی ساختاری، دو سیستم اصلی یکی طولی (خطی) و دیگری عرضی (برشی) قابل تفکیک است که اولی متعلق به فاز پیشین کوهزایی و بسته شدن حوضه اقیانوسی قفقاز و پیامدهای

ولکانو پلوتونی ناشی از آن در سمت جنوبی این منطقه تصادمی دارد و متالوژنی خاص جزایر قوسی و کمان حاشیه قاره‌ای در سیستم ولکانو پلوتونی را نشان می‌دهد. این دوره معرف دو چرخه زمین ساختی از چهار چرخه حاکم در منطقه می‌باشد که رویکرد آن شکل‌گیری رشته کوهستانی و متالوژنی خطی است.

دومین سیستم ساختاری مربوط به فاز پسین کوهزایی می‌باشد که رویکرد آن تکوین تکتونو ماگمایی با رژیم کششی، ایجاد حوضه‌های کششی، بریدگی و جابجایی در رشته کوهستانی و شکل‌گیری حوضه‌های ولکانو پلوتونی با ولکانیسم دوگانه بوده است. آخرین چرخه تکتونو ماگمایی با روند شمال غربی منجر به جابجایی‌های تکتونیکی، ولکانیسم قاره‌ای (سهند و سبلان)، ژئومورفولوژی جوان و شکل‌گیری وضعیت زمین شناسی کنونی گردیده است.

بر مبنای آنچه که ذکر شد، متالوژنی زون ارسباران می‌تواند هماهنگ و وابسته به رویکردهای زمین ساختی و ماگمایی دخیل در تکوین منطقه باشد که به صورت زیر از قدیم به جوان خلاصه می‌شود:

(۱) متالوژنی خاص حوضه‌های پلاتفرم و پوشش سازندی با رخساره برقاره‌ای

(۲) متالوژنی گسیختگی قاره‌ای، باز شدگی و تکوین پوسته اقیانوسی

(۳) متالوژنی فاز بسته شدن اقیانوسی و تکوین سیستم قوسی، ولکانو پلوتونیسم حاشیه قاره‌ای

(۴) متالوژنی فاز کششی یا پسین ماگمایی با پیدایش ساختارهای متقاطع به واسطه برش رشته

کوهستانی سیستم پویا شده تکتونو ماگمایی، برش و شکل‌گیری سیستم‌های ولکانو پلوتونی

و حوضه‌های بین کوهستانی اعم از انواع ولکانوژنیک و رسوبی.

متالوژنی زون ارسباران یک سیر تکوین از آغاز تا انجام تئیس شمالی (ژوراسیک - کرتاسه) و ایجاد

سیستم ولکانو پلوتونی پالئوژن را داشته که توانسته سیستم گسترده‌ای از متالوژنی خاص مس-

مولیبدن پورفیری، اسکارنی، اپی‌ترمال و دیگر انواع گرمایی را فراهم آورد. با سیر تکوینی سیستم

ولکانو پلوتونی حوضه پشت کمان میوسن - پلیوسن توانسته بستری از حوضه‌های رسوبی و ولکانو

پلوتونیسیم مرتبط با آن را به وجود آورد که در آن متالوژنی سیستم‌های پورفیری دار توانسته شکل گیرد و زمینه مناسب را برای متالوژنی طلا از نوع اپی‌ترمال فراهم سازد. تغییر رژیم فرفشاری به فراكششی در رخداد آلپی پسین منجر به ایجاد ساختارهای ممتد و ژرف خطواره‌ای با روندهای شمالی- جنوبی و شمال غربی- جنوب شرقی گردیده و کانون‌های آتشفشانی جوان (سهند و سبلان) را به وجود آورده است. این رخداد توأم با تشکیل میدان‌های ژئوترمال و کانی‌سازی اپی‌ترمال از نوع طلا، آنتیموان، آرسنیک و جیوه می‌تواند باشد. سیر تکوینی نسبتاً کامل منجر به تشکیل کمر بند متالوژنی، حوزه متالوژنی، حوزه کانه‌دار، میدان‌های معدنی و کانسارهای مختلف فلزات پایه (مس، مولیبدن، سرب، روی و آهن) و فلزات گرانبها یا قیمتی (طلا و نقره) گردیده که از نظر نوع کانی‌سازی به صورت پورفیری، اسکارن، اپی‌ترمال، رگه‌ای- گرمابی و رسوبی متغیر است.

با بررسی‌های زمین‌شناسی و مطالعه یافته‌های اکتشافی عمده‌ترین پتانسیل معدنی در زون ارسباران با توجه به توانمندی فلز زائی چرخه آلپی و جایگاه ژئودینامیکی آن وجود منابع مس پورفیری، اسکارنی، گرمابی و کانسارهای اپی‌ترمال فلزات گرانبها می‌باشد [۱۰].

۳-۴-۱- متالوژنی کانسارهای پورفیری منطقه ارسباران

کانسار سونگون از شاخص‌ترین کانسارهای مس- مولیبدن پورفیری در مقیاس جهانی موجود در این زون می‌باشد. با وجود چنین کانساری و کانسارهای مشابه در ادامه این زون در آذربایجان معیارهای اصلی برای دستیابی به کانسارهای مس پورفیری با ارزش مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱- کانسارهای مس پورفیری بزرگ دارای عیار هیپوژن بالا روی کمان ولکانو پلوتونی در پوسته قاره‌ای واقع شده که دستخوش چین خوردگی و راندگی گردیده و نیز با گسل خوردگی در زمان کانی‌سازی مس همراه می‌باشند. وجود شرایط حاشیه قاره‌ای و کمان ماگمایی شکل گرفته از رژیم فشاری در زون ارسباران وجود دارد.

۲- کانسارهای مس پورفیری همراه با مقادیر قابل ملاحظه‌ای طلا می‌توانند در قوس‌های ولکانو پلوتونی پراکنده باشند. دلیل و شواهد زمین‌شناسی حاکی از آن است که بزرگترین و غنی‌ترین کانسارها عموماً در مناطق فشاری قوس‌ها قرار دارند تا در بخش‌های کششی. اکتشاف در قوس یا پشت قوس در مجموعه‌های ماگمایی کالک، کالک آلکالن یا شوشونیتی می‌تواند صورت پذیرد. گرچه در نوع دوم ممکن است نسبت کانسار به حجم سنگهای آذرین بیشتر از نوع اول باشد.

۳- نوع دیگر کانسارهای مس پورفیری، کانسارهایی هستند که دستخوش اکسیداسیون سوپرژن شدید قرار گرفته‌اند. تشکیل این کانسارها با توسعه پروفیل‌های سوپرژن بالغ همراه است که ارتباط با محتوای سولفید آن دارد. از طرف دیگر میزان بالا آمدگی زمین ساختی تحت شرایط اقلیمی نیمه خشک نیز از دیگر پارامترهای بسیار مهم در تشکیل این تیپ کانسارها می‌باشد، به طوری که تشدید شرایط اقلیمی نیمه خشک و پوشش سیستم با فرآورده‌های آتشفشانی، موجب حفاظت و بر جای ماندن پروفیل سوپرژن می‌گردد. (مانند سونگون)

ولکانیسم پلیوسن - کواترنر به عنوان عامل پوششی و حفاظت کننده زون سوپرژن در بخش‌هایی از زون ارسباران دیده می‌شود.

پروفیل سوپرژن بالغ (مچور) با پوشش فروشته ژاروسیت - هماتیت درزون ارسباران - قره داغ، حوزه انجرد، سونگون و حوزه شرق اهر (نقدوز) توسعه دارد.

۳-۴-۲- متالوژنی کانسارهای اپی ترمال

از دیگر ویژگی‌های متالوژنی و استعداد کانی‌سازی در این زون، جستجو برای کانسارهای نوع اپی ترمال است که در گسترده وسیعی از آن دیده می‌شود. این ویژگی خاص پشته‌های ولکانو پلوتونی در قوس حاشیه قاره‌ای است که در این منطقه حاکمیت دارد.

جایگاه زمین ساختی کانسارهای اپی ترمال عموماً در قوس‌های ولکانو پلوتونی همراه با زون‌های فرورانش می‌باشد و عموماً در خاستگاه پشت قوس و در حدود ۱۰۰ کیلومتری از جبهه آتشفشانی به وجود می‌آیند و اغلب همراه سیستم پورفیری (مس و طلا) هستند.

میزبان کانسار، اغلب سنگ‌های آتشفشانی و سنگ‌های رسوبی همزمان با ولکانیسم و گاهی در واحدهای پی‌سنگ می‌باشد. سنگ‌های ماگمایی از سری مگنتیت و کالک آلکالن با ترکیب آندزیت، داسیت، ریولیت و شوشونیتی یا سنگ‌های آذرین قلیایی در جزایر قوسی بالغ (ضخامت پوسته بیشتر از ۲۰ کیلومتر) و نواحی قاره‌ای، میزبان عمده این کانسارها هستند. کانسارهای طلا در گودال‌های ولکانو تکتونیک (گرابن‌ها) و در ساختارهای کششی ناشی از حرکات گسل‌های راست لغز جای دارند. دگرسانی‌های بارز در این کانسارها عبارتند از :

۱ - آرژلیک پیشرفته (درجه حرارت پایین): کریستوبالیت، کائولینیت، آلونیت

۲ - آرژلیک پیشرفته (درجه حرارت بالا): کوارتز، دیکیت، پیروفیلیت، آلونیت

۳ - کوارتز - سریسیت: کوارتز، ایلیت، پیریت

۴ - سیلیسیفیکاسیون و سیلیس باقی مانده: کوارتز، روتیل یا آاناتاز

زون ارسباران با توجه به ویژگی‌های زمین شناسی و بخصوص عملکرد و بروز دگرسانی‌های کم سولفور و پرسولفور در آن، مستعد کاوش برای منابع معدنی با منشأها یا خاستگاه‌های مختلف می‌باشد.

در یک جمع بندی کلی با در نظر گرفتن شرایط زمین شناسی و کانسارهای شناخته شده در زون اهر- ارسباران، می‌توان گروه‌بندی زیر را ارائه نمود.

۱- کانی‌سازی‌های با سولفیداسیون زیاد نوع اپی ترمال شامل آثار و منابع آلونیت، گوگرد، کوارتز،

کالسدونی، کائولن، شواهدی از کانی‌سازی‌های مس، مولیبدن، آرسنیک، نقره و دارای پتانسیل

طلا در منطقه سرخانلو، نقدوز، اهر، ورزقان و آستمال.

۲- کانی‌سازی‌های با نوع سولفیداسیون کم از نوع اپی‌ترمال، دارای کانی‌سازی‌های رگه‌ای از طلا،

نقره، سرب و روی در شیور داغ.

۳- کانسارهای نوع پورفیری مانند سونگون.

۴- کانسارهای نوع متاسوماتیک همبری شامل مزرعه، انگرد و بسیاری از آثار و منابع شناخته شده در

حوزه معدنی شیور داغ.

۵- کانسارهای رگه‌ای منسوب به پلوتون مانند کانسارهای مس و مولیبدن شناخته شده در باتولیت

مگری - اردوباد [۱۰].

منطقه شرق اهر (محدوده مورد مطالعه) از جمله مناطقی است که براساس شواهد زمین‌شناسی می‌تواند شامل کانسارهای اپی‌ترمال طلا از نوع پرسولفور باشد. شواهدی مبنی بر وجود کانسارهای مس پورفیری نیز در منطقه حاکم می‌باشد. براساس مطالعات انجام شده در منطقه نقدوز حضور دو نوع سیال کانه ساز در دو مرحله مرتبط به هم تأیید گردیده است.

نوع اول سیالاتی با شوری بالا و درجه حرارت هموژنیزاسیون نسبتاً بالا (احتمالاً با منشأ ماگمایی) شامل سه فاز مایع، گاز و جامد که با کانی‌سازی مس همراه است.

نوع دوم سیالاتی با شوری و درجه حرارت هموژنیزاسیون پایین (سیالات اپی‌ترمال) شامل دو فاز مایع و گاز که با کانی‌سازی طلا همراه می‌باشد.

کانه‌زایی در محدوده نقدوز اغلب به صورت رگه‌های سیلیسی طلادار گزارش شده است. کانی‌شناسی رگه‌های سیلیسی موجود در محدوده نقدوز شامل کوارتز، فلدسپات و به مقدار کم کلسیت و کانی‌های رسی است. کانه‌های مشاهده شده در رگه‌های سیلیسی عبارتند از روتیل، کالکوپیریت، پیریت، تتراهدریت، طلا، کوولیت، مالاکیت و هیدروکسیدهای ثانویه و آبدار آهن. دراین میان پیریت کانه اصلی و کوارتز باطله غالب می‌باشد.

قسمت های شمالی محدوده مورد مطالعه در این پایان نامه نیز از مجموعه سنگهای آتشفشانی با ترکیب حد واسط تا اسیدی آندزیتی تا ریولیتی و ریوداسیت تشکیل شده که تحت تأثیر تزریق توده های نفوذی با ترکیب حد واسط تا اسیدی مونزوگرانیت تا آکالی گرانیت واقع شده و کل مجموعه توسط دایک های پورفیری با ترکیب اسیدی (ریوداسیتی) قطع شده است. طبق تصاویر ماهواره ای، این منطقه به شدت دگرسان از نوع آرژیلیتی - آلونیتی - سیلیسی بوده که محدوده نسبتاً وسیعی را می پوشاند و با توجه به شواهد و مشخصات زمین شناسی حاکی از وجود توده های گرانیتی پنهان در عمق می باشد.

از دگرسانی و دیگر شواهد زمین شناسی حاکم بر منطقه، متالوژنی طلای نوع اپی ترمال و کانی سازی های پورفیری از نوع مس - مولیبدن، طلا و کانی سازی پلی متال از نوع مس، طلا، نقره، سرب و روی در محدوده مورد مطالعه قابل پیش بینی است [۵ و ۶ و ۸].

در فصل چهارم با توجه به مطالب ارائه شده شرایط تشکیل کانی سازی تیپ مس پورفیری، مس و طلای پورفیری، مس و مولیبدن پورفیری و طلای اپی ترمال بررسی می گردد.



فصل چهارم:

بررسی و معرفی مدل‌های اکتشافی کانسارهای احتمالی منطقه مورد
مطالعه

فصل چهارم

بررسی و معرفی مدل‌های اکتشافی کانسارهای احتمالی منطقه مورد مطالعه

۴-۱- مقدمه

احتمال موفقیت یک پروژه اکتشافی تابع دو احتمال مستقل از یکدیگر است. یکی احتمال تشکیل و پیدایش کانساری از تیپ خاص در محیط زمین‌شناختی با ویژگی‌های معلوم و دوم احتمال کشف آن کانسار با استفاده از تکنولوژی معین. بالا بودن احتمال نوع اول به وسیله پدیده‌ها و فرآیندهای کانی‌سازی فعال در طبیعت کنترل می‌شود. برعکس، کنترل احتمال نوع دوم در حیطه توانایی‌های مهندس اکتشاف معدن است. مدل‌سازی کانسارها توسط مهندسين اکتشاف با توجه به چگونگی پیدایش و تکوین مواد معدنی مختلف و مجموعه عواملی که سبب تشکیل کانسارها در مکان خاص می‌شوند، موجب افزایش احتمال کشف ذخایر معدنی می‌گردند [۳].

۴-۲- مدل‌های کانی‌زایی حاکم در منطقه مورد مطالعه

همانطور که در فصل سوم اشاره گردید، زون اکتشافی ارسباران و نیز منطقه مورد مطالعه براساس ویژگی‌های زمین‌شناسی احتمال تشکیل تیپ‌های خاصی از کانسارها را دارا می‌باشد. در این منطقه با توجه به آثار شناخته شده معدنی، آلتراسیون، لیتولوژی و ... به طور عمده می‌توان انتظار وجود کانی‌سازی تیپ مس پورفیری، مس و طلائی پورفیری، مس و مولیبدن پورفیری و طلائی اپی‌ترمال را داشت.

لذا جهت تعیین لایه‌های اکتشافی و تخصیص وزن به آنها برحسب تأثیر در کانی‌زایی منطقه، ابتدا به توصیف خصوصیات کلی کانی‌زایی مدل‌های کانساری مذکور پرداخته می‌شود.

۳-۴- کانسارهای تیپ مس پورفیری

تعریف: تمرکز هیپوزن کانی‌های سولفیدی مس (عمدتاً کالکوپیریت) در محیط‌های پورفیری به صورت افشان (در زمینه سنگ) و رگچه‌های نازک (در سنگ).

۳-۴-۱- محیط کانسار

سنگ درونگیر: پورفیری‌های تونالیتی تا مونزوگرنیتی یا سینیتی که به درون سنگ‌های دیگری از قبیل سنگ‌های گرانیتی، ولکانیکی، رسوبی - آهکی نفوذ کرده باشد.

ساخت و بافت: پورفیری است و از فنوکریست‌هایی در زمینه میکرو آپلیتی (با ترکیب کوارتز و فلدسپات) تشکیل شده است.

محدوده سنی: عمدتاً سنوزوئیک و مزوزوئیک است، اما ممکن است در هر دوره‌ای یافت شود.

محیط تشکیل: بخش فوقانی توده‌های نفوذی که با مجموعه دایک‌ها و دودکش‌های برشی هم‌سن بوده و در آنها گسل‌های فراوانی یافت می‌شود، محیط مناسبی را جهت کانی‌زایی تشکیل می‌دهد.

همچنین در بخش فوقانی گنبد‌های باتولیتی نیز تشکیل می‌شود.

خاستگاه تکتونیکی: مناطق ریفتی همراه با ولکانیزم تیپ جزایر قوسی یا تیپ آندی در امتداد مرز صفحات همگرا، حرکات تکتونیکی در جهت قائم و فرسایش بعدی برای ایجاد رخنمون سنگ درونگیر ضروری است.

۳-۴-۲- توصیف کانسار

کانی‌شناسی: کالکوپیریت، پیریت، مولیبدنیت - کالکوپیریت، منیتیت، برنیت، طلا.

ساخت و بافت: رگچه‌های استوک ورکی و دانه‌های سولفیدی افشان.

۴-۳-۳- راهنمای اکتشافی

دگرسانی: از داخل به خارج شامل دگرسانی سدیک- کلسیک، پتاسیک، فیلیتی، آرژیلیتی و پروپیلیتی است. دگرسانی نوع آلومین شدید در قسمت فوقانی بعضی از توده‌ها یافت می‌شود.

عوامل کنترل کننده: توسعه رکه‌های استوک ورکی در توده پورفیری و در همبری توده پورفیری.

هوازدگی: کربنات‌ها و سیلیکات‌های مس (آبی و سبز رنگ) در رخنمون‌های هوازده یا جایی که شستشو شدید است ظاهر می‌شود. رخنمون‌های تهی‌شده از مس باقی مانده و مس شسته شده به سمت پایین حرکت می‌کند تا به صورت سولفیدهای ثانوی ته‌نشین شود. در رخنمون‌های شستشو شده شکاف‌ها با لیمونت و هماتیت پر می‌شود. در توده‌های ثانوی سولفیدی، کالکوسیت جایگزین پیریت و کالکوپیریت می‌شود. خاک‌های تشکیل شده روی توده معدنی حاوی آنومالی‌های قابل ملاحظه‌ای از روتیل است.

راهنمای ژئوشیمیایی: این روش چه در کشف ذخایر پورفیری جدید و چه در توسعه ذخایری که قبلاً کشف شده مفید می‌باشد. به این دلیل که:

۱- این تیپ ذخایر دارای ابعاد بزرگی هستند و هاله‌های دگرسانی آنها تا فواصل نسبتاً دور از ماده معدنی ادامه می‌یابد.

۲- چون دانستیه شکستگی‌ها در سنگ درونگیر آنها زیاد است، جریان آبهای سطحی اکسیژن‌دار به درون آنها به سهولت انجام می‌گیرد. این امر موجب می‌گردد تا محصولات حاصل از هوازدگی آنها به مناطق سطحی راه یافته و شواهد ژئوشیمیایی وجود کانسار را در اختیار بگذارد.

۳- فراوانی پیریت در این کانسارها و اکسیداسیون آن بوسیله آبهای سطحی اکسیژن‌دار موجب پیدایش شرایط اسیدی می‌شود. این شرایط موجب تحرک هرچه بیشتر مس شده و هاله‌های ثانوی گسترده‌ای را تولید می‌کند که کشف آنها حتی از طریق شبکه نمونه‌برداری با چگالی کم امکان‌پذیر است.

معمولاً آنومالی عناصر مس و مولیبدن در بخش مرکزی و روی، منگنز، نقره، سرب، کادیوم و بیسموت در بخش خارجی هاله دگرسانی قابل ثبت است. البته در مناطقی که هوازدگی شدید است بخصوص اگر شرایط اکسیدان در محیط حاکم باشد، ممکن است آنومالی مولیبدن قابل ثبت نباشد. موقعیت آنومالی‌های طلا در این مرحله می‌تواند در محدود کردن سیستم پورفیری مفید واقع شود. مطالعه فراوانی کانی‌های فرعی سنگ مانند آپاتیت و روتیل ممکن است در محدود کردن بیشتر سیستم پورفیری مفید واقع شود [۳].

۴-۴- کانسارهای تیپ مس - طلای پورفیری

تعریف: تمرکز کانه‌های کالکوپیریت، برنیت و منیتیت در رگچه‌های استوک ورکی درون سنگ‌های نفوذی پورفیری و سنگ‌های ولکانیک هم‌سن با آنها.

۴-۴-۱- محیط کانسار

سنگ درونگیر: نفوذی‌های تونالیتی تا مونزونیتی همراه با گدازه‌های آندزیتی یا داسیتی و همچنین توف‌های هم‌سن با سنگ‌های نفوذی آنها سنگ‌های درونگیر مناسبی می‌باشند. بعلاوه سری‌سینیت تا مونزونیت و سنگ‌های کم‌تیتان و پرتاسیم هم‌سن با آنها مانند شوشونیت‌ها می‌توانند محیط مناسبی باشند.

ساخت و بافت: نفوذی، پورفیری با دانه‌های ریز تا متوسط (آپلیتی).

محدوده سنی: کرتاسه تا کوارترنری.

محیط تشکیل: نفوذی، پورفیری که درون سنگ‌های ولکانیک هم‌سن خود نفوذ می‌کنند. هر دو واحد سنگی در مقیاس وسیع برشی می‌شوند و توده‌های پورفیری ممکن است دارای دایک‌های زیادی باشند.

۴-۵- کانسارهای تیپ مس - مولیبدن پورفیری

تعریف: تمرکز کانه‌های کالکوپیریت و مولیبدنیت در رگچه‌های استوک ورکی درون یا در نزدیکی توده نفوذی پورفیری.

۴-۵-۱- محیط کانسار

سنگ درونگیر: استوک‌های تونالیتی تا مونزونیتی، دودکش‌های برشی درون توده نفوذی و سنگ‌های ولکانیکی یا رسوبی محیط مناسبی جهت کانی‌زایی می‌باشند.

ساخت و بافت: پورفیری با زمینه آپلیتی ریزدانه تا متوسط. بافت پرفیری ممکن است به دایک‌های کوچک محدود شده باشد.

محدوده سنی: عمدتاً مزوزوئیک تا ترشیری، ولی در هر دوره‌ای می‌تواند وجود داشته باشد.

محیط تشکیل: بخش فوقانی توده نفوذی پورفیری همراه با دایک‌های فراوان مکان مناسبی را تشکیل می‌دهد. گسل‌ها و دودکش‌های برشی و گنبد‌های باتولیتی نیز مناسب می‌باشند.

خاستگاه تکتونیکی: قوس‌های پلوتو ولکانیک توسعه یافته در نواحی فرورانش، محیط حاشیه قاره‌ای و همچنین مرز صفحات همگرای اقیانوسی.

۴-۵-۲- توصیف کانسار

کانی‌شناسی: کالکوپیریت، پیریت، مولیبدنیت. در بخش رگه‌ای و یا جانشینی همراه با کالکوپیریت، اسفالریت، گالن و طلا. خارجی‌ترین منطقه ممکن است رگه‌هایی از سولفیدهای مس، نقره، آنتیموان، باریت و طلا داشته باشد.

ساخت و بافت: رگچه‌ای، انتشاری یا جانشینی.

۴-۵-۳- راهنمای اکتشافی

دگرسانی: کوارتز، فلدسپات پتاسیم، بیوتیت (کلریت)، انیدریت، بطرف خارج درجه دگرسانی به سمت پروپیلیتی میل می‌کند. مجموعه‌ای از کانی‌هایی با آلومین بالا ممکن است در افق‌های بالاتر موجود باشد.

عوامل کنترل کننده: بطور کلی عیار کانسنگ همبستگی مثبتی با فاصله بین رکچه‌ها و شکستگی‌های کانی‌سازی شده دارد.

راهنمای ژئوشیمیایی: در مرکز توده، عناصر مس، مولیبدن، نقره و تنگستن می‌توانند آنومالی ایجاد کنند. در ناحیه خارجی عناصر سرب، روی، طلا، آرسنیک، منگنز، تلوریم، پتاسیم و ربیدیم می‌توانند ایجاد آنومالی کنند. مقدار سولفور در همه زونها بالاست.

بدون شک روش ژئوشیمیایی برای کشف کانسارهای مس پورفیری، مس-طلای پورفیری و مس-مولیبدن پورفیری یکی از موفقیت آمیزترین روشهای اکتشافی است. دلیل این مدعا عبارت است از:

- ۱- مساحت زیاد رخنمون‌های هاله، کانسار و همچنین مناطق دگرسانی وابسته به آنها.

- ۲- در سنگ میزبان آنها سیستم درزه‌ها و شکستگی توسعه دارد و در نتیجه امکان دسترسی آب و اکسیژن به ماده معدنی سولفوری زیاد است. این امر احتمال توسعه هاله‌های ثانوی بزرگ را به همراه دارد.

- ۳- وجود هاله‌های پیریتی وسیع موجب پیدایش شرایط اسیدی در خلال هوازدگی شده و قابلیت تحرک عناصر کانساری را در فاز محلول شدت می‌بخشد.

در انتخاب نواحی مناسب برای اکتشاف کانسارهای مس-مولیبدن پورفیری باید ملاحظات تکتونیک صفحه‌ای را در نظر داشت. پیدایش این تیپ کانسارها در دو محیط تکتونیکی شامل، زون فرورانش و ریف‌های پشت قوسی از احتمال بیشتری برخوردار است [۳].

۴-۶- کانسارهای طلای اپی ترمال

ذخایر طلای اپی ترمال (تیپهای کرید، کومستاک، سادو، چشمه آبگرم، کوارتز- آلونت) بیشتر به همراه سنگهای پیروکلاستیک اسیدی و حد واسط نوع کالک آلکالن دوران سوم، که در خارج از آب تشکیل شده‌اند، یافت می‌شوند. این ذخایر دارای وجوه مشترکی می‌باشند که می‌تواند در مراحل مختلف اکتشاف، به عنوان راهنما مورد استفاده قرار گیرند.

در این قسمت ابتدا به خصوصیات کلی ذخایر طلای اپی ترمال در اکتشافات ناحیه‌ای و نیمه تفصیلی پرداخته، سپس به تفصیل خصوصیات هریک از ذخایر طلای اپی ترمال بررسی می‌گردد.

۴-۶-۱- خصوصیات عمومی ذخایر طلای اپی ترمال

۴-۶-۱-۱- مقیاس ناحیه‌ای

محیط‌های مناسب برای کانی‌سازی اپی ترمال شامل محیط‌های آذرین تکتونیکی همگرا و فعال از نظر ساختمانی است. پیدایش مکرر ذخایر اپی ترمال در محیط‌های تکتونیکی همگرا اهمیت آنها را افزایش داده است. بسیاری از چنین نواحی به عنوان مناطق امیدبخش در اولویت انتخاب قرار می‌گیرند. در پاسخ به این سوال که آیا در این نواحی کانی‌سازی اپی ترمال صورت گرفته است یا خیر، توزیع و گسترش سنگ‌های آتشفشانی چندان مهم نیست، بلکه توزیع و گسترش توده‌های نفوذی نیمه عمیق در زیرزمین به عنوان فراهم کننده انرژی حرارتی لازم برای سیستم اپی ترمال مهم است. بنابراین گسترش نواحی آذرین چه ولکانیکی و چه پلوتونیکی در ابتدا مشخص می‌گردد. در این مورد نواحی کالکوالکالن و آلکالن امید بخش‌ترین مناطق هستند. ذخایر اپی ترمال اساساً در عمق کم پوخته تشکیل می‌شوند، بنابراین مناطقی که عمق فرسایش زیاد است دارای اهمیت کمتری هستند. پس از تعیین مناطق امید بخش بر مبنای لیتولوژی و فرسایش، بررسی ساختمان مناسب موضوع بعدی است. مناطق ساختمانی مناسب ممکن است به کمک مجموعه‌ای از داده‌های ناحیه‌ای مشخص شوند. برای

مثال می‌توان از نقشه زمین‌شناسی یا نقشه مغناطیس هوایی و تصاویر ماهواره‌ای استفاده کرد. ساختمان‌های امیدبخش نظیر مناطق اطراف کالدرها و مناطق گسل خورده در این مجموعه مشخص می‌شوند. توزیع کانسارهای شناخته شده در ناحیه ممکن است به‌طور مستقیم نشان دهنده ساختمان‌های مساعد باشد. در مقیاس ناحیه‌ای فقط مناطق ساختمانی مناسب شناسایی می‌شوند.

۴-۶-۱-۲- مقیاس نیمه تفصیلی

آثار دگرسانی هیدروترمال که عموماً کانی‌سازی اپی‌ترمال رادر برمی‌گیرد می‌تواند یک هاله وسیع اکتشافی را معرفی کند و نشان‌دهنده منطقه بسیار امیدبخش باشد. گسترش زیاد مناطق دگرسانی آرژیلیتی (۱۰ کیلومتر مربع) در سیستم‌های هیدروترمال می‌تواند یک نقطه قوت و یک نقطه ضعف اکتشافی باشد. از یک طرف کشف مناطق امیدبخش را سهولت می‌بخشد زیرا مساحت آن وسیع است و با پروفیل‌های برداشت با فاصله زیاد می‌توان آن را کشف کرد. از طرف دیگر کشف محل ذخیره در آن به دلیل گسترش مساحت تحت پوشش پرهزینه می‌باشد. استفاده از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، برداشت‌های مغناطیس و رادیومتری هوایی و تکنیک سنجش از دور همگی می‌توانند در تشخیص مکان‌هایی با دگرسانی هیدروترمال مورد استفاده قرار گیرند.

روش ژئوشیمیایی تنها روش مستقیمی است که می‌تواند برای کشف محل کانی‌سازی اپی‌ترمال به‌طور مؤثر به کار برده شود. در این مرحله بررسی عوامل ساختمانی نیز مفید است. معمولاً اطلاعات مفیدی از تفسیر نقشه‌های ژئوفیزیک هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و حتی نقشه‌های توپوگرافی می‌تواند بدست آید [۳].

۴-۶-۲- کانسارهای تیپ رگه‌ای اپی‌ترمال کرید (کوارتز - آدولاریا)

تعریف: تمرکز کانه‌های کالن، اسفالریت، کالکوپیریت، نمک‌های سولفور، تلوریدها و طلا در رگه‌های کوارتز - کربنات موجود در سنگ‌های آتشفشانی فلسیک تا متوسط.

۴-۶-۲-۱- محیط کانسار

سنگ درونگیر: آندزیت، داسیت، کوارتز لاتیت، ریوداسیت، ریولیت و هم‌چنین سنگ‌های رسوبی همراه آنها سنگ درونگیر مناسبی هستند. کانی‌سازی در ارتباط با فعالیت‌های کالکوالکالن است. **ساخت و بافت:** پرفیری است.

محدوده سنی: عموماً ترشیری است، اغلب در دامنه ۴ تا ۲۹ میلیون سال می‌باشد.

محیط تشکیل: آتشفشان‌های کالکوالکالن محیط مناسبی هستند، بخصوص وقتی که منجر به تحرک سیالات غنی از نمک شوند.

خاستگاه تکتونیکی: مناطقی با شکستگی‌های متقاطع، گسل‌های نرمال اصلی، شکستگی‌های وابسته به گنبدی شدن، مناطقی با شکستگی‌های حلقوی، درزه‌های مرتبط با سیستم کالدر.

۴-۶-۲-۲- توصیف کانسار

کانی‌شناسی: کانی‌ها شامل گالن، اسفالریت، کالکوپیریت، سولفات‌های مس، سولفات‌های نقره، طلا، تلوریدها، برنیت، آرسنوپیریت است. گانگ شامل کوارتز، کلریت، کلسیت، پیریت، رودوکروزیت، باریت، فلونوریت، سیدریت، آنکریت، سربیسیت، آدولاریا، کائولینیت است. اسپکیولاریت و آلونیت ممکن است یافت شود.

ساخت و بافت: رگه‌های نواری، پرشدگی فضاهای خالی، کوارتز لایینه‌ای، استوک ورکی و کلوفرم معمول است.

۴-۶-۳- راهنمای اکتشافی

دگرسانی: از بالا به پایین شامل (۱) کوارتز، کانولینیت، مونتموریونیت، زنولیت، باریت، کلسیت (۲) کوارتز، ایلیت (۳) کوارتز، آدولاریا، ایلیت (۴) کوارتز، کلریت می‌باشد. پیدایش آدولاریا حالت ثابتی ندارد.

عوامل کنترل کننده: زون‌هایی با شکستگی‌های متقاطع فراوان.

هوازدهی: سنگ‌های مناطق اطراف آن به علت شستشوی شیمیایی داری رنگ روشن تری می‌باشند. گوتیت، ژاروسیت و آلونیت حاصل از فرایندهای سوپرژن نیز یافت می‌شود. قابل توجه است که هوازدهی در افزایش عیار ماده معدنی مؤثر است.

۴-۶-۳- کانسارهای تیپ رگه‌ای اپی ترمال کومستاک

تعریف: تمرکز طلا، الکتروم، نمک‌های سولفور، نقره و آرژانتیت در رگه‌های کوارتز- آدولاریا موجود در سنگ‌های آتشفشانی اسیدی تا متوسطی که غالباً در روی سنگ‌های رسوبی تخریبی و یا سنگ‌های دگرگونی هم ارز آنها تشکیل می‌شود.

۴-۶-۳-۱- محیط کانسار

سنگ درونگیر: شامل آندزیت، داسیت، کوارتز لاتیت، ریوداسیت، ریولیت و هم‌چنین سنگ‌های رسوبی مرتبط با آنهاست. کانی‌سازی در ارتباط با فعالیت‌های آتشفشانی کالکوالکالن است.

ساخت و بافت: پرفیری است.

محدوده سنی: عموماً ترشیری است. اغلب آنها بین ۳/۷ تا ۴۰ میلیون سال سن دارد.

محیط تشکیل: آتشفشان‌های کالکوالکالن محیط مناسبی برای تشکیل آنهاست.

خاستگاه تکتونیکی: مناطقی با شکستگی‌های متقاطع، گسل‌های نرمال بزرگ، شکستگی‌های مرتبط با ساختمان گنبدی و شکستگی‌های حلقوی خاستگاه مناسبی است.

۴-۶-۳-۲- توصیف کانسار

کانی‌شناسی: آرژانتیت، طلا یا الکتروم، نمک‌های سولفور ه نقره، گالن، اسفالریت، کالکوپیریت، تلوریدها، هماتیت و آرسنوپیریت به مقدار کم تا متوسط یافت می‌شوند. کانی‌های باطله شامل کوارتز، آدولاریا کلسیت، سیریسیت و کلریت است. باریت، فلوریت، رودوکروزیت، کائولینیت و مونتموریونیت نیز به مقدار کم تا متوسط یافت می‌شود.

ساخت و بافت: رگه‌های نواری، پرشدگی فضاها ی باز و ساخت استوک ورکی دیده می‌شود.

۴-۶-۳-۳- راهنمای اکتشافی

دگرسانی: از بالا به طرف پایین شامل (۱) کوارتز، کائولینیت، مونتموریونیت، زئولیت، باریت، کلسیت (۲) کواتز، ایلیت (۳) کوارتز، آدولاریا، ایلیت (۴) کوارتز، کلریت می‌باشد. پیدایش آدولاریا حالت متغیری دارد.

عوامل کنترل کننده: زون‌هایی با شکستگی‌های متقاطع و مرکز فعالیت‌های نفوذی برای کانی‌سازی مساعدتر است.

هواز دگی: سنگ‌های مناطق اطراف آن بعلت شستشوی شیمیایی رنگ روشن‌تری دارند و کانی‌های لیمونیت، ژاروسیت، گوتیت، آلونیت و هماتیت همراه با کائولینیت (آرژیلیتی) یافت می‌شود.

راهنمای ژئوشیمیایی: یکی از سه مجموعه آنومالی عناصر (۱) طلا- آرسنیک- آنتیموان- جیوه (۲) طلا- آرسنیک- مس و (۳) طلا- نقره- سرب- مس توسعه می‌یابد. تلور و تنگستن ممکن است آنومالی نشان دهند. از نظر منطقه‌بندی آنومالی‌های ژئوشیمیایی می‌توان ترکیب زیر را معرفی کرد:

در مناطق نزدیک سطح : Tl, Au, Sb, As, Hg

در مناطق نیمه عمیق خارجی : Zn, Pb, Cu

در مناطق نیمه عمیق داخلی : $\pm$ Te, Au, As, Cu

در مناطق عمیق : $\pm$ W, $\pm$ As

۴-۶-۴- کانسارهای تیپ رگه‌ای اپی ترمال سادو

تعریف: تمرکز طلا، کالکوپیریت، نمک‌های سولفور و آرژانتیت در رگه‌های موجود در سنگ‌های آتشفشانی اسیدی تا متوسطی که روی سکانس‌های آتشفشانی یا توده‌های نفوذی قدیمی‌تر قرار می‌گیرند.

۴-۶-۴-۱- محیط کانسار

سنگ درونگیر: آندزیت، داسیت، کوارتز لاتیت، ریوداسیت، ریولیت و سنگ‌های رسوبی مرتبط با آنها مساعد می‌باشند. کانی‌سازی در آنها با آتشفشان‌های کالکوالکالن مرتبط است.

ساخت و بافت: پرفیری است.

محدوده سنی: عمدتاً ترشیری است، اغلب آنها بین ۳۸-۵ میلیون سال سن دارد.

محیط تشکیل: در مواردی که آتشفشان‌های کالکوالکالن و توده‌های نفوذی مرتبط با آنها در روی سکانس‌های ولکانیکی ضخیم قدیمی‌تر و یا توده‌های نفوذی بزرگ (با تولیت‌ها) توسعه یابند، محیط مناسب برای تشکیل آنها حاصل می‌شود.

خاستگاه تکتونیکی: مناطقی با شکستگی‌های متقاطع فراوان، گسل‌های نرمال بزرگ، شکستگی‌های مرتبط با ساختمان‌های گنبدی و شکستگی‌های حلقوی خاستگاه مناسبی است.

۴-۶-۲- توصیف کانسار

کانی‌شناسی: طلا، آرژانتیت، الکتروم، کالکوپیریت، نمک‌های سولفور و تلوریدها به مقدار کم تا متوسط یافت می‌شود. گالن و اسفالریت به حالت پراکنده دیده می‌شود. کانی‌های باطله شامل کوارتز، پیریت، آدولاریا، کلسیت است. در بین کانی‌های باطله کلسدون، آدولاریا، کائولینیت، رودوکروزیت، کلریت، سربیسیت و باریت نیز ممکن است یافت شود.

ساخت و بافت: رگه‌های نواری، پرشدگی فضاهای خالی و ساخت استوک ورکی و دودکش برشی دیده می‌شود.

۴-۶-۳- راهنمای اکتشافی

دگرسانی: در منطقه سیلیسی شده کانی‌های کوارتز، کائولینیت، مونتموریونیت و آلونیت معمول است. دگرسانی پروپیلیت ممکن است یافت شود.

عوامل کنترل کننده: مناطقی با شکستگی‌های متقاطع، گسل‌های نرمال بزرگ، شکستگی‌های مرتبط با ساختمان‌های گنبدی، شکستگی‌های حلقوی و گسترش درزه‌ها از عوامل مثبت هستند.

هوازدگی: کانی‌های لیمونیت، هماتیت، گوتیت، ژاروسیت، آلونیت و آرتزلیتی شدن همراه با پیدایش کائولینیت معمول است.

راهنمای ژئوشیمیایی: آنومالی عناصر طلا و نقره یا طلا، نقره و مس قابل ثبت است. از نظر منطقه‌بندی آنومالی‌های ژئوشیمیایی، می‌توان ترتیب زیر را معرفی کرد :

در مناطق نزدیک سطح: Tl, Au, Sb, As, Hg

در مناطق نیمه عمیق خارجی: Zn, Pb, Cu

در مناطق نیمه عمیق داخلی: $\pm Te, Au, As, Cu$

در مناطق عمیق: $\pm W, \pm As, Cu$

۴-۶-۵- کانسارهای تیپ طلای اپی ترمال کوارتز - آلونیت

تعریف: تمرکز طلا، پیریت و آنارژیت در رکه‌های پراکنده و برش‌های موجود در مناطق دگرسانی پرآلومین مرتبط با آتشفشان‌های فلسیک.

۴-۶-۵-۱- محیط کانسار

سنگ درونگیر: شامل سنگ‌های ولکانیکی داسیت، کوارتز لاتیت، ریوداسیت و ریولیت است. به صورت نفوذی، نفوذهای نیمه عمیق یا گنبدی شکل نیز دیده می‌شود.

ساخت و بافت: پرفیری است.

محدوده سنی: بطور کلی ترشیری است ولی ممکن است در هر دوره‌ای یافت شود.

محیط تشکیل: درون ساختمان‌های بزرگ ولکانیکی، بخصوص منطقه شکستگی‌های حلقوی در کالدارها یافت می‌شود. مناطقی که در آن رسوبات تبخیری گسترش دارند و در پی سنگ آنها فعالیت‌های نفوذی صورت می‌گیرد نیز محیط مناسبی برای تشکیل این تیپ می‌باشد.

خاستگاه تکتونیکی: مناطقی با شکستگی‌های متقاطع، ساختمان‌های گرابنی، مناطقی با شکستگی‌های حلقوی، گسل‌های نرمال و شکستگی‌های مرتبط با ساختمان‌های گنبدی خاستگاه مناسبی است.

۴-۶-۵-۲- توصیف کانسار

کانی‌شناسی: طلای آزاد، آنارژیت، پیریت، نمک‌های سولفور هیدرید، کالکوپیریت، برنیت، تلوریدهای فلزات گرانبها، گالن، اسفالریت، هوبنریت.

ساخت و بافت: ساخت‌های رگه‌ای، دودکش‌های برشی، انبانی دیده می‌شود. رگه‌های جانشینی اغلب متخلخل است.

۴-۶-۵-۳- راهنمای اکتشافی

دکرسانی: مجموعه دکرسانی معرف بالاترین دما شامل کانی‌های کوارتز، آلونیت و پیروفیلیت است که همراه دکرسانی شدید سنگ میزبان دیده می‌شود. در این منطقه ممکن است کوندوم، دیاسپور و آندالوزیت یافت شود. اطراف این منطقه را یک منطقه دیگر با ترکیب کانی‌شناسی کوارتز، آلونیت، کائولینیت و مونتموریونیت احاطه می‌کند. در منطقه دکرسانی پروپیلیتی کانی‌های کلریت و کلسیت ممکن است یافت شود.

عوامل کنترل کننده: وجود مناطقی با شکستگی‌های متقاطع، مرکز فعالیت‌های نفوذی، قسمت‌های بالایی و خارجی سیستم‌های مس پورفیری از عوامل کنترل کننده هستند.

هوازدهگی: پیدایش فراوان لیمونیت‌های زردرنگ همراه با ژاروسیت، گوتیت و کائولینیت. رگه‌های آلونیتی سفیدرنگ نیز یافت می‌شود.

راهنمای ژئوشیمیایی: پیدایش آنومالی عناصر طلا، آرسنیک و مس معمول است. آنومالی فلزات پایه در عمق ظاهر می‌شوند. تلور و تنگستن نیز ممکن است در حد آنومالی باشد [۳].

۴-۷- تعیین پارامترهای کانی‌زایی

بر اساس مدل‌های اکتشافی ارائه شده به طور کلی می‌توان پارامترهای کانی‌زایی را به چهار بخش ساختار، منبع حرارتی، سنگ میزبان و فرآیندهای کانی‌زایی مناسب برای تشکیل هر تیپ کانسار، تقسیم بندی نمود. تعیین پارامترهای کانی‌زایی با توجه به مدل اکتشافی ارائه شده، با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی، نقاط معدنی، ژئوفیزیک هوایی و دورسنجی به صورت مستقیم و قطعی و یا غیرمستقیم و مشکوک تعیین می‌گردد. پارامترهای مذکور با توجه به درجه لزوم و اهمیت آنها در تشکیل تیپ خاص کانی‌زایی، اولویت بندی و وزن‌دهی می‌گردند [۱۴].

با توجه به اطلاعات و لایه‌های اکتشافی موجود از منطقه و خصوصیات مدل‌های اکتشافی ارائه شده در این فصل، جهت مدل‌سازی و تعیین نقشه‌های امیدبخش معدنی دو نوع کانی‌زایی مس پورفیری و طلای اپی‌ترمال تعیین گردید. پارامترهای کانی‌زایی بر اساس مدل‌های اکتشافی ارائه شده تعیین، سپس وزن‌های لازم به داده‌های اکتشافی در GIS تخصیص داده شد که این موارد در فصل‌های بعدی بیشتر توضیح داده خواهد شد.

فصل پنجم:

آماده سازی و پردازش داده‌های اکتشافی منطقه مطالعاتی

فصل پنجم

آماده سازی و پردازش داده‌های اکتشافی منطقه مطالعاتی

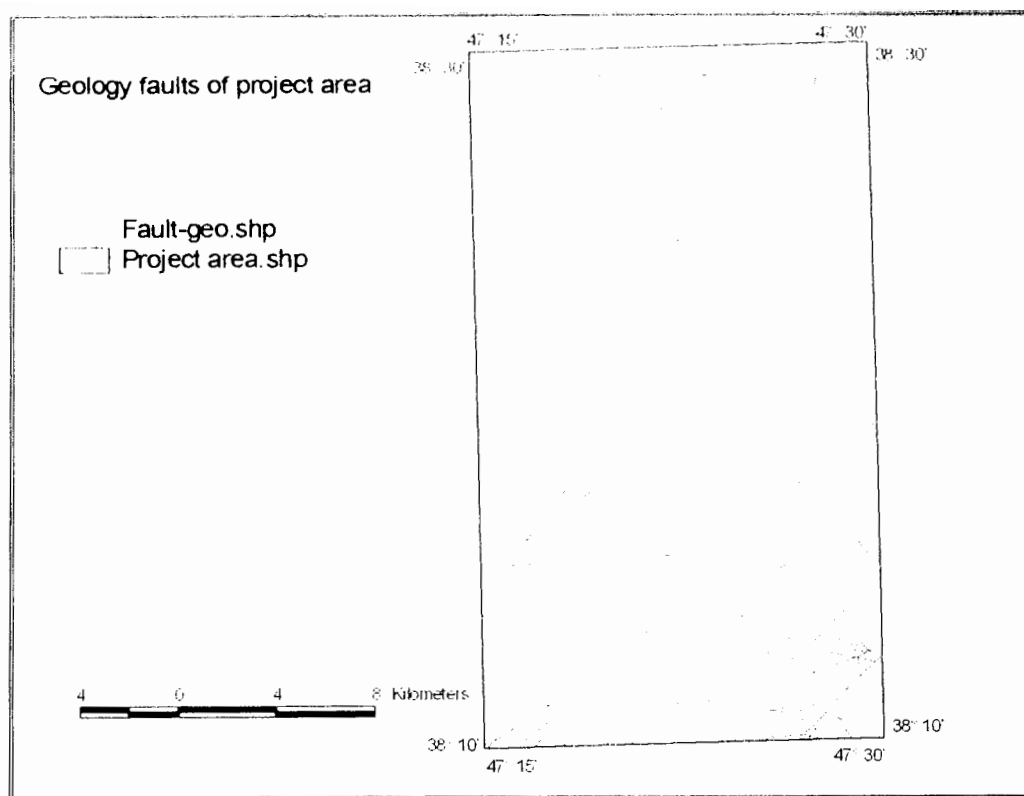
۵-۱- مقدمه

در اکتشافات سیستماتیک ناحیه‌ای، مدل‌سازی پتانسیل کانی‌زایی در یک منطقه براساس تلفیق داده‌های مختلف مانند زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی، تصاویر ماهواره‌ای، ژئوفیزیک هوایی و آثار نشانه‌های معدنی شناخته شده در منطقه انجام می‌پذیرد.

با توجه به اینکه اطلاعات خام موجود به صورت مستقیم در مدل‌سازی قابل استفاده نمی‌باشد، لذا این داده‌ها طبق تیپ‌های کانی‌زایی مورد انتظار، پس از جمع‌آوری با اعمال فرایندهایی و با استفاده از نرم‌افزارهای ویژه برای مدل‌سازی‌های بعدی، آماده‌سازی و پردازش می‌گردند [۱۴].

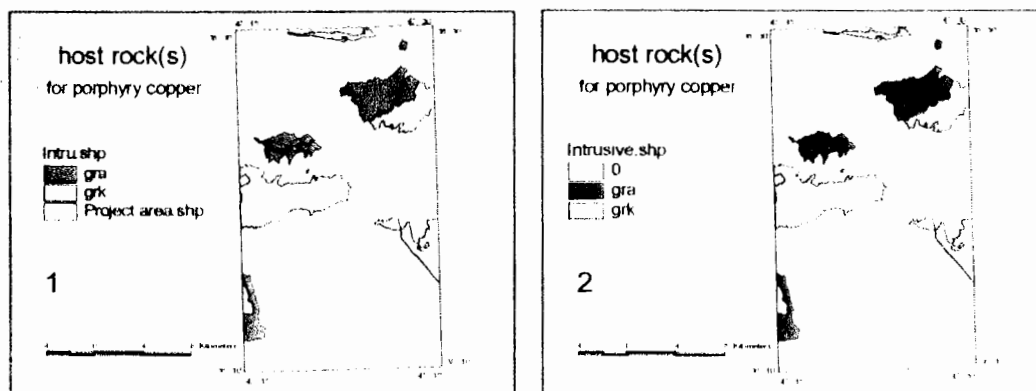
۵-۲- آماده‌سازی و پردازش داده‌های زمین‌شناسی

آماده‌سازی داده‌ها، شامل رقومی نمودن نقشه‌های زمین‌شناسی است. با توجه به اینکه نقشه زمین‌شناسی اهر به صورت رقومی موجود بود، فقط در جدول اطلاعاتی فایل رقومی آن دو ستون یکی توصیف واحدهای زمین‌شناسی و دیگری سن واحدها اضافه گردید. سپس محدوده مورد مطالعه که قسمتی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ اهر می‌باشد، در نرم‌افزار ArcView جدا و انتخاب گردید. گسل‌های زمین‌شناسی نیز از روی تصویر اسکن شده نقشه زمین‌شناسی توسط نرم‌افزار ArcGIS رقومی گردید. شکل (۵-۱) گسل‌های زمین‌شناسی منطقه را نشان می‌دهد.



شکل (۵-۱): گسل‌های زمین‌شناسی منطقه مطالعاتی

پس از آماده‌سازی داده‌ها، در مرحله بعدی واحدهای خاص زمین‌شناسی از جمله سنگ میزبان و سایر واحدهای وابسته، به طور مثال واحدهای فراهم کننده انرژی حرارتی برای سیستم اپی‌ترمال انتخاب شدند. این امر با توجه به نوع کانی‌سازی در منطقه و روش ترکیب اطلاعات و نوع مدل‌سازی در GIS صورت می‌گیرد (فصل ششم). سپس واحدهای انتخاب شده با پلیگون ناحیه مورد مطالعه با استفاده از دستور union در ArcView ترکیب شده تا نقشه دوتایی یا چند کلاسه نهایی شامل مناطق مساعد و غیرمساعد حاصل گردد. این کار برای تمامی داده‌های اکتشافی جهت تلفیق آنها با یکدیگر ضروری است. شکل (۵-۲) این امر را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۵): ترکیب دو لایه اطلاعاتی جهت تهیه یک لایه واحد

تصویر ۱ از شکل (۲-۵) نشان دهنده دو لایه سنگ‌های نفوذی منطقه (Intru.shp) و لایه محدوده مورد مطالعه (Project area.shp) می‌باشد. جهت مدلسازی مناطق امید بخش کانی‌زایی و وزن‌دهی به داده‌های اکتشافی، لایه‌های اطلاعاتی باید با لایه محدوده مطالعاتی ترکیب تا مناطق مستعد و غیر مستعد در کادر مربوط به محدوده مطالعه مشخص باشد. در تصویر ۲ دو لایه فوق با هم ترکیب و به صورت یک لایه ترکیبی (Intrusive.shp) نشان داده شده است به طوری که مناطقی از محدوده مطالعاتی که فاقد سنگ‌های نفوذی هستند، با کد صفر مشخص گردیده است.

۳-۵- آماده سازی و پردازش داده های معدنی

اطلاعات مختلف معدنی شامل نشانه‌های معدنی و معادن موجود به همراه ویژگی‌های سنگ میزبان و ماده معدنی از گزارش‌های موجود جمع‌آوری گردید.

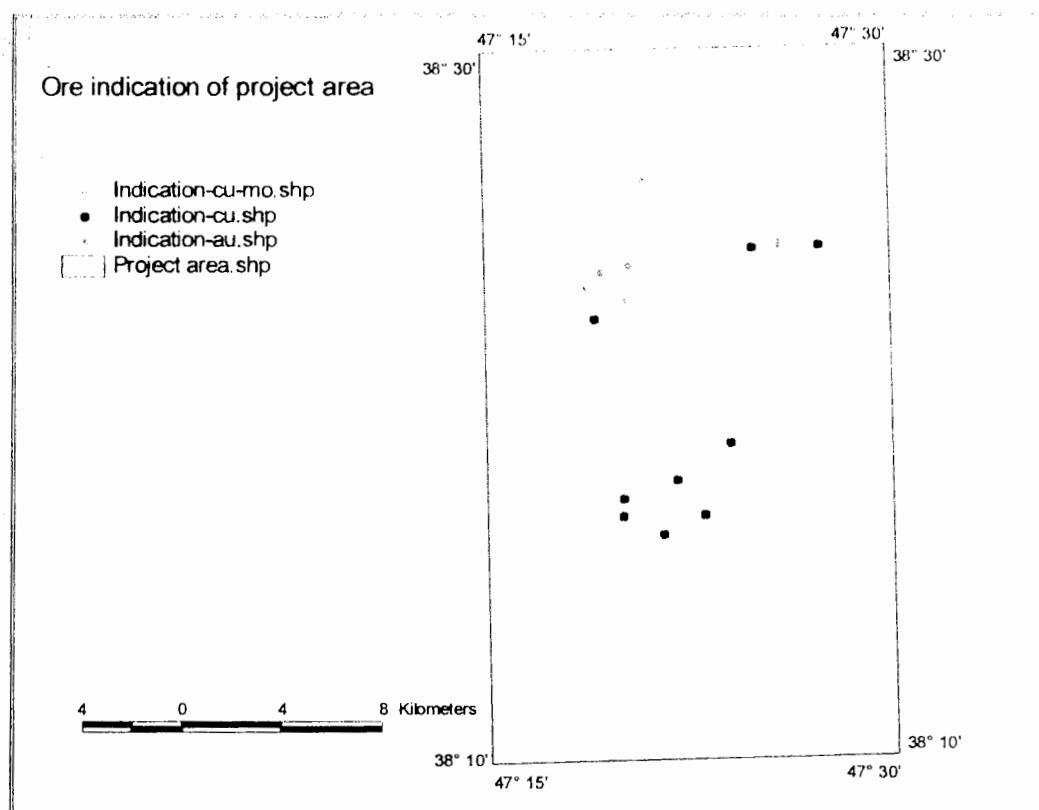
این نقاط به صورتی که در جدول (۱-۵) دیده می‌شود در نرم افزار Excel تنظیم، سپس با استفاده از دستور Add Event Them در نرم افزار ArcView به فایل رقومی قابل استفاده در نرم‌افزار تبدیل شده است.

لازم به یادآوری است چون که مختصات نقاط بر اساس طول و عرض جغرافیایی آنها بوده، لذا بعد از بدست آمدن فایل مذکور دوباره یک تغییر سیستم مختصاتی به UTM انجام شد و لایه نهایی بر حسب مختصات UTM به صورت شکل (۵-۳) بدست آمد.

لازم به یادآوری است که در این پایان نامه سیستم مختصات انتخابی برای لایه های اطلاعاتی در نرم افزار ArcView، سیستم UTM در نظر گرفته شد.

جدول (۵-۱): مشخصات نقاط معدنی محدوده مورد مطالعه [۵ و ۱۰]

سنگ میزبان	اندیس	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	اندیس های معدنی
داسیت و ایگنمبریت	Cu	38° 17' 30"	47° 20' 00"	Sarlakhlul (سرلاخلو ۱)
توف داسیتی تا ریوداسیتی، آندزیت و تراکی آندزیت	Cu	38° 18' 00"	47° 22' 00"	Sarlakhlul2 (سرلاخلو ۲)
توف داسیتی تا ریوداسیتی، آندزیت و تراکی آندزیت	Cu	38° 19' 00"	47° 24' 00"	Sarlakhlul3 (سرلاخلو ۳)
توف داسیتی تا ریوداسیتی، آندزیت و تراکی آندزیت	Cu	38° 17' 00"	47° 23' 00"	Sarlakhlul4 (سرلاخلو ۴)
توف داسیتی تا ریوداسیتی، آندزیت و تراکی آندزیت	Cu	38° 16' 30"	47° 21' 30"	Sarlakhlul5 (سرلاخلو ۵)
گرانیت، مونزونیت، توف	Cu	38° 22' 30"	47° 19' 00"	Qaleh Bashi (قلعه باشی)
توف، لاوای بازی	Cu	38° 29' 00"	47° 05' 00"	Dizej Chalu (دیزج چالو)
نفلین سیئینیت، کنگلومرا و تراورتن	Cu	38° 04' 00"	47° 19' 00"	Dochan (دوچان)
نفلین سیئینیت، کنگلومرا و تراورتن	Cu	38° 05' 00"	47° 19' 00"	Razgah (رزگاه)
گرانیت، مونزونیت، توف	Cu	38° 29' 00"	47° 09' 00"	Sarghein (سرگین)
توف داسیتی تا ریوداسیتی، آندزیت و تراکی آندزیت	Cu	38° 17' 00"	47° 20' 00"	Sarlakhlul (سرلاخلو)
گرانیت و مونزونیت	Cu	38° 24' 25"	47° 25' 00"	Niaz (نیاز)
گرانیت و مونزونیت	Cu	38° 24' 27"	47° 27' 22"	khanbaz1 (خانباز ۱)
گرانیت و مونزونیت	Cu-Mo	38° 24' 30"	47° 26' 00"	Khanbaz (خانباز)
آندزیت و تراکی آندزیت پورفیری	Cu-Mo	38° 20' 00"	47° 13' 00"	Andab Jadid (انداب جدید)
ریولیت، ریوداسیت	Au	38° 26' 23"	47° 20' 52"	Zaglik (زالیگ)
مونزوگرانیت	Au	38° 23' 23"	47° 18' 42"	Yosef loo (یوسف لو)
مونزوگرانیت	Au	38° 23' 49"	47° 19' 16"	Safi khanlu (صفي خانلو)
مونزوگرانیت	Au	38° 24' 00"	47° 20' 22"	Nogdoz (نقدوز)
مونزوگرانیت	Au	38° 23' 04"	47° 20' 13"	Nogdoz (نقدوز)
گرانیت، گرانودیوریت	پلی متال	38° 19' 00"	47° 28' 00"	Anzan (انزان)



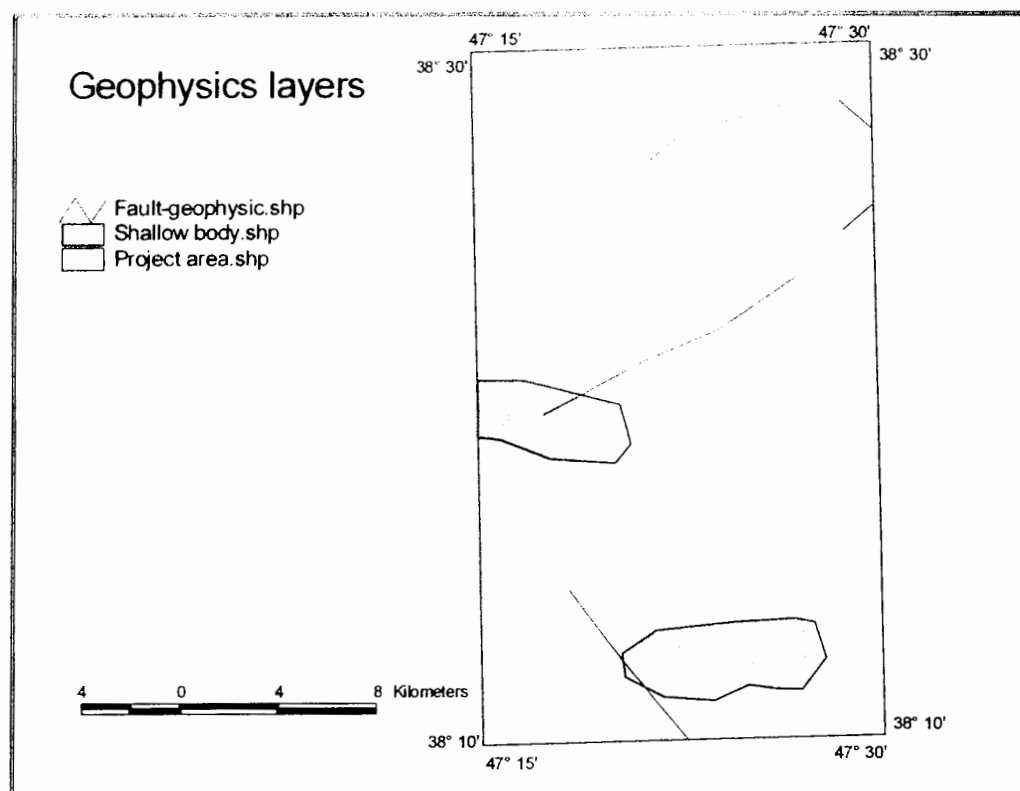
شکل (۳-۵): نقشه نشانه‌های معدنی محدوده مطالعاتی

۵-۴- آماده سازی و پردازش داده های ژئوفیزیک هوایی

اطلاعات ژئوفیزیک هوایی موجود در زون اهر - ارسباران شامل دو سری داده می‌باشد:

اولی اطلاعاتی که فقط شامل داده‌های مغناطیسی بوده و بین سال‌های ۱۹۷۴ و ۱۹۷۷ میلادی جهت بدست آوردن اطلاعات بیشتری از تکتونیک و زمین‌شناسی ناحیه‌ای ایران با فاصله خطوط پرواز ۷/۵ کیلومتر انجام گرفته است. دومی اطلاعات محلی شامل داده‌های مغناطیسی و رادیومتری که در سال‌های ۱۹۷۷ و ۱۹۷۸ برای سازمان انرژی اتمی کشور تهیه شده است. از اطلاعات ناحیه‌ای عمده‌تاً برای تعیین ساختارهای خطی و حلقوی استفاده می‌شود و از اطلاعات محلی علاوه بر تعیین ساختارها، مناطق آلتزه شده نیز تعیین می‌گردد.

در محدوده مورد مطالعه فقط اطلاعات ناحیه‌ای موجود بوده که این اطلاعات توسط گروه ژئوفیزیک هوایی تفسیر و به صورت دو فایل شامل گسل‌ها و توده‌های نفوذی نیمه عمیق^۱ ارائه شد. این اطلاعات در شکل (۴-۵) نشان داده شده است.



شکل (۴-۵): گسل‌ها و توده‌های نفوذی نیمه عمیق استخراج شده از داده‌های ژئوفیزیک هوایی

لایه مربوط به توده‌های نفوذی نیمه عمیق که به صورت خطی^۲ بود، بعد از تبدیل به حالت پلیگون^۳ با لایه محدوده مطالعاتی ترکیب شد تا برای مدل‌سازی قابل استفاده گردد.

^۱ - Shallow body

^۲ - Poly line

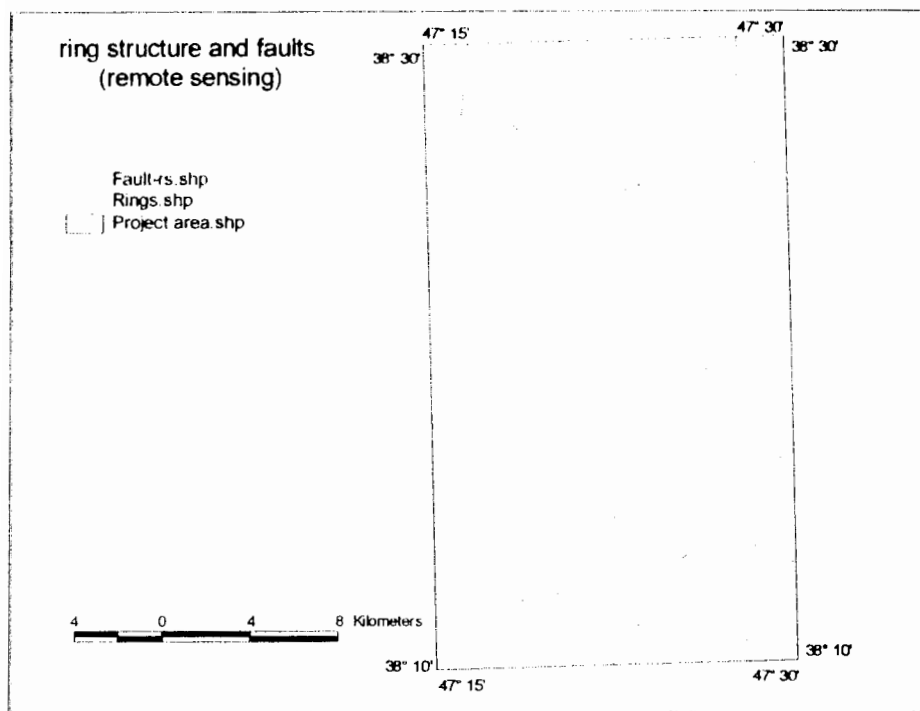
^۳ - Polygon

۵-۵- آماده سازی و پردازش داده های ماهواره ای

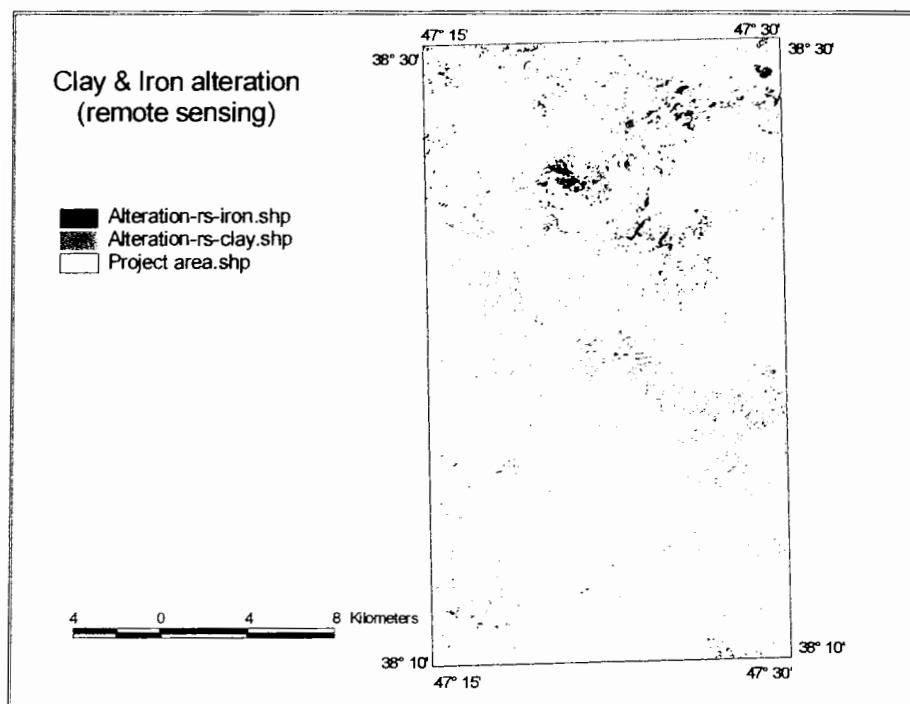
برای این منطقه از تصاویر سنجنده ETM ماهواره لندست استفاده شده است. شکل (۵-۵) تصویر ماهواره ای محدوده نقشه زمین شناسی ۱۰۰۰۰۰/۱ اهر و محدوده مطالعاتی که با کادر مشخص شده است را نشان می دهد. اطلاعات مربوط به این تصاویر توسط گروه دورسنجی سازمان زمین شناسی کشور استخراج گردید که شامل نواحی آلتراسیون رسی، آلتراسیون اکسید آهن و ساختارها (گسل ها و ساختارهای حلقوی) می باشد. شکل های (۶-۵) و (۷-۵) این ساختارها و مناطق را نشان می دهد. اطلاعات مربوط به آلتراسیون ها پس از دریافت از گروه دورسنجی در نرم افزار ArcGIS به صورتی که در نرم افزار ArcView قابل استفاده گردد، تبدیل و برای کار مدل سازی آماده شد. لایه ساختارهای حلقوی نیز پس از تبدیل به پلیگون با لایه محدوده مطالعاتی ترکیب و برای کارهای بعدی آماده گردید.



شکل (۵-۵): تصویر ماهواره ای نقشه ۱۰۰۰۰۰/۱ اهر و محدوده مطالعاتی که با کادر مشخص شده است



شکل (۵-۶): گسل‌ها و ساختار حلقوی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای

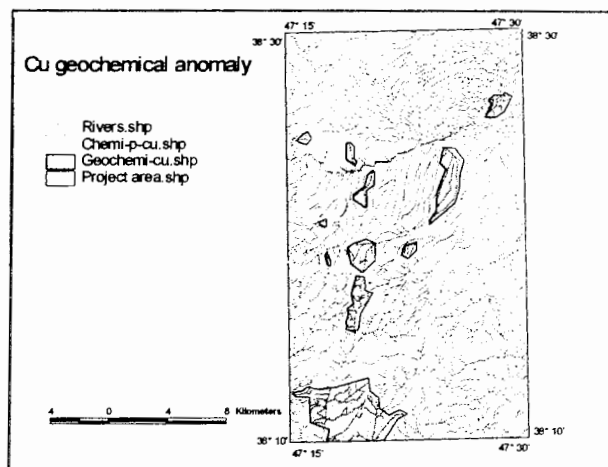


شکل (۵-۷): مناطق آلتراسیون استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای

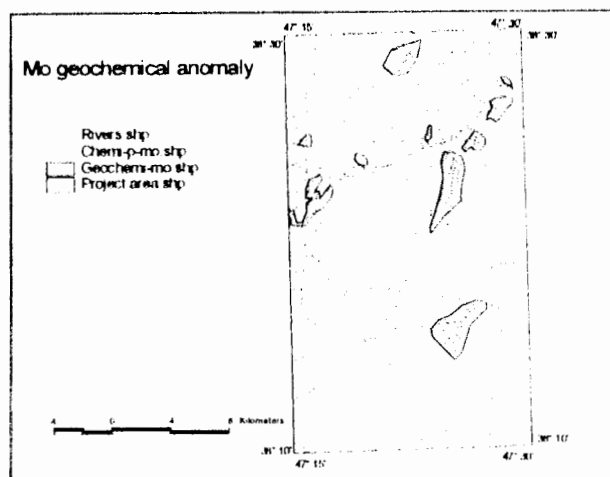
۵-۶- آماده سازی و پردازش داده‌های ژئوشیمیایی

داده‌های ژئوشیمیایی، مربوط به رسوبات آبراهه‌ای بودند که به صورت خام برای چند عنصر خاص مس، مولیبدن، طلا، نقره، آرسنیک، آنتیموان، سرب و روی از گروه ژئوشیمی سازمان زمین‌شناسی کشور دریافت شد. ابتدا این داده‌ها در نرم افزار SPSS 13.0 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نمودارهای P-P و Boxplot برای هر یک از عناصر رسم گردید. مقادیر خارج از رده برای هر عنصر جایگزین شده و در نهایت مقادیر بالاتر از $\bar{x} + 2s$ به عنوان آنومالی در نظر گرفته شد که $\bar{x}$ میانگین و s انحراف معیار داده‌ها می‌باشد [۴]. سپس با توجه به نقشه آبراهه‌های موجود منطقه، توسط نرم‌افزار ArcGIS حوزه آبریز هر نمونه آنومال ترسیم گردید.

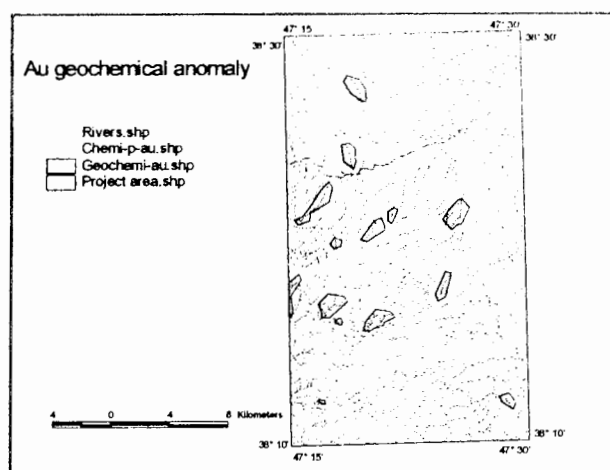
شکل‌های (۵-۸)، (۵-۹)، (۵-۱۰)، (۵-۱۱)، (۵-۱۲)، (۵-۱۳)، (۵-۱۴) و (۵-۱۵) آنومالی ژئوشیمیایی عناصر مذکور در بالا را نشان می‌دهد.



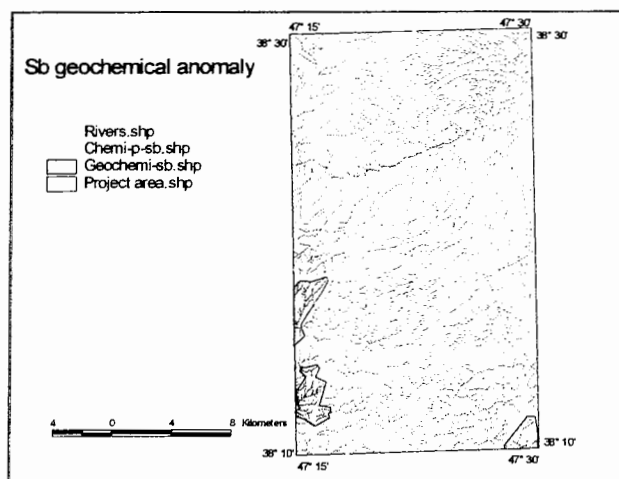
شکل (۵-۸): آنومالی‌های ژئوشیمیایی مس



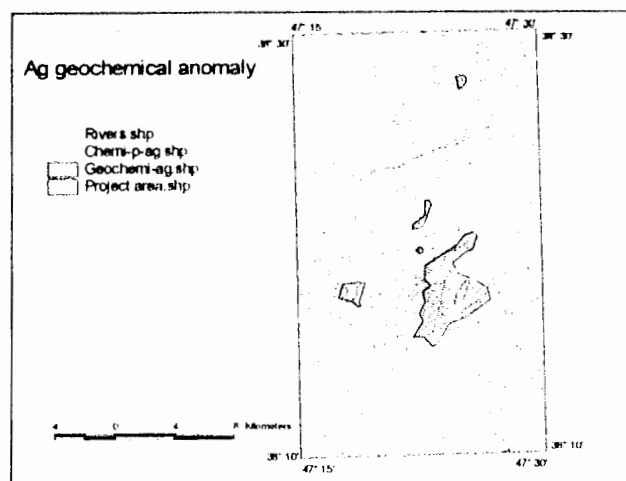
شکل (۵-۹): آنومالی‌های ژئوشیمیایی مولیبدن



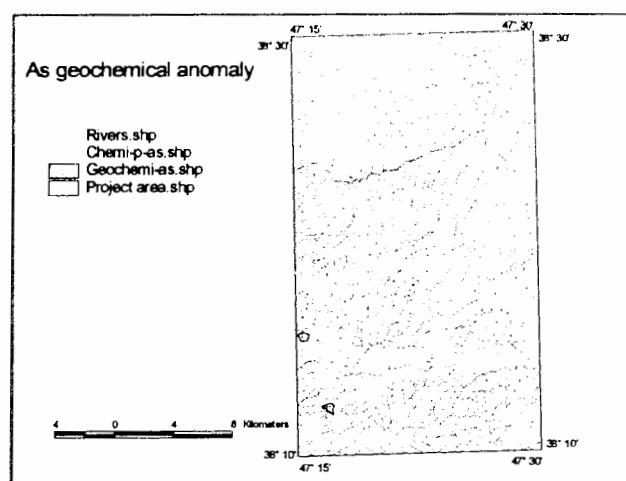
شکل (۵-۱۰): آنومالی‌های ژئوشیمیایی طلا



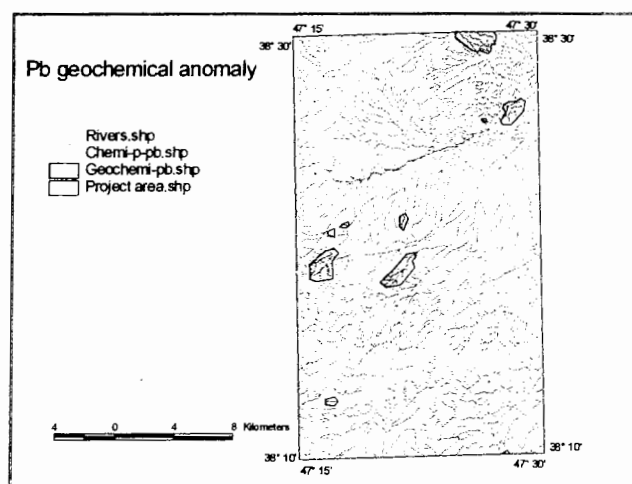
شکل (۵-۱۱): آنومالی‌های ژئوشیمیایی آنتیموان



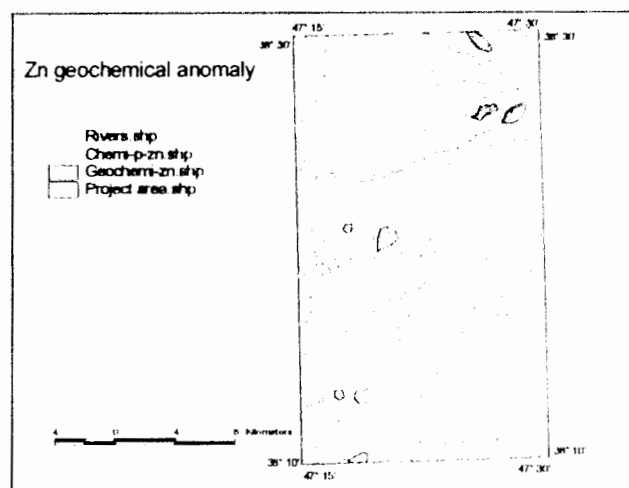
شکل (۵-۱۲): آنومالی‌های ژئوشیمیایی نقره



شکل (۵-۱۳): آنومالی‌های ژئوشیمیایی آرسنیک

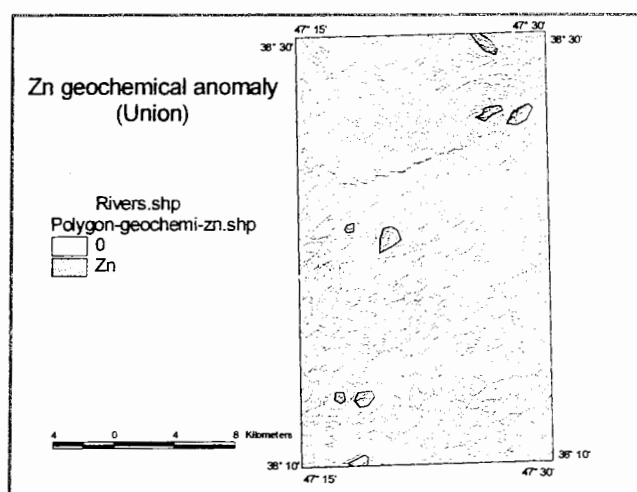


شکل (۵-۱۴): آنومالی‌های ژئوشیمیایی سرب



شکل (۵-۱۵): آنومالی‌های ژئوشیمیایی روی

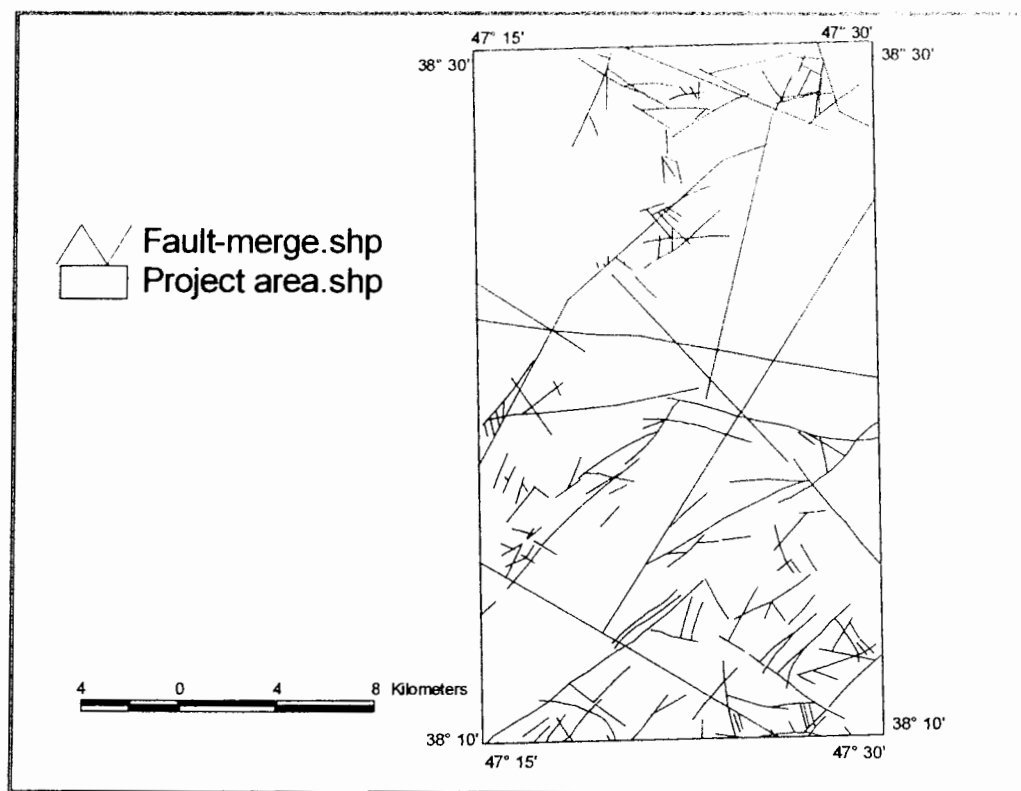
جهت استفاده از داده‌های ژئوشیمیایی برای مدل‌سازی، پلیگون‌هایی که حوزه آبریز نمونه‌های آنومال را در شکل‌های (۵-۸) تا (۵-۱۵) نشان می‌دهند و به صورت یک لایه جداگانه می‌باشند، با لایه محدوده مطالعاتی (project area) ترکیب و به صورت یک لایه واحد تبدیل شدند. لازم به ذکر است در شکل‌های (۵-۸) تا (۵-۱۵) دو لایه اطلاعاتی، شامل آنومالی‌های ژئوشیمیایی و لایه محدوده مطالعاتی (project area) نشان داده شده است. شکل (۵-۱۶) آنومالی ژئوشیمیایی روی را بعد از ترکیب به صورت یک نقشه دوتایی نشان می‌دهد.



شکل (۵-۱۶): لایه ترکیب شده آنومالی ژئوشیمیایی روی با لایه محدوده مطالعاتی

۷-۵- ترکیب و پردازش داده‌های ساختاری منطقه

در این قسمت گسل‌های زمین‌شناسی به همراه گسل‌های استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های ژئوفیزیک مورد استفاده قرار گرفتند. بدین ترتیب که ابتدا تمامی گسل‌ها در یک فایل با هم یکی شده و سپس گسل‌های تکراری حذف و تصحیح گردیدند (شکل (۷-۵)).



شکل (۷-۵): ترکیب گسل‌های زمین‌شناسی و تصویر ماهواره‌ای و ژئوفیزیک هوایی

لایه‌های اطلاعاتی پردازش شده در این فصل بر اساس روش‌های مدل‌سازی منطق‌فازی و همپوشانی شاخص در فصل بعدی پردازش نهایی و وزن دهی می‌شوند و در نهایت لایه‌های وزن‌دار شده با هم ترکیب و تلفیق شده و نقشه نواحی امید بخش معدنی معرفی می‌گردد.

فصل ششم

مدل سازی و معرفی نواحی امیدبخش

۶-۱- مقدمه

هدف نهایی در پروژه‌های GIS، ترکیب داده‌های مختلف به منظور ایجاد نقشه‌های جدیدی است که در نهایت در اخذ تصمیم‌گیری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در پروژه‌های اکتشافی، هدف دستیابی به نقشه‌های پتانسیل معدنی است. این مرحله شامل استفاده از یک یا چند مدل برای ترکیب لایه‌های اطلاعاتی است. انتخاب روش ترکیب و پارامترهای آن به تنهایی توسط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی انجام نمی‌گیرد، بلکه نظر کارشناسان معدنی نیز در آن اعمال می‌گردد. استفاده از روش یا پارامترهای نه چندان صحیح موجب تهیه نقشه‌های پتانسیل معدنی خواهد شد که متفاوت با واقعیت است [۱۴].

در این پایان‌نامه هدف تهیه نقشه‌های پتانسیل معدنی عناصر فلزی برای دو تیپ کانی‌زایی مس پورفیری و طلای اپی‌ترمال می‌باشد. از آنجا که تعداد نقاط معدنی واقع شده در محدوده مطالعاتی زیاد نمی‌باشد و یا در مورد بعضی از آنها اطلاعات جامعی از وابستگی به یک تیپ کانی‌زایی خاص وجود ندارد، لذا استفاده از مدل‌های ریاضی و آماری همچون مدل‌های Logistic Regression و Weights of Evidence جواب دقیق و درستی ارائه نمی‌دهد. بنابراین در این پایان‌نامه اساس کار در مدل‌سازی بر پایه دو مدل متکی بر نظر کارشناسی یعنی منطق فازی و همپوشانی شاخص بنا نهاده شده است. با توجه به دو مدل کانی‌زایی مورد نظر چهار نقشه پتانسیل معدنی بدست خواهد آمد که شرح مراتب تهیه این نقشه‌ها به صورت ذیل می‌باشد.

لازم به ذکر است جهت مدل سازی و تهیه نقشه پتانسیل معدنی محدوده مطالعاتی از نرم افزارهای Spatial Analyst و Spatial Data Modeller که بر روی نرم افزار ArcView نصب می شوند، استفاده شده است.

۶-۲- مدل سازی به روش همپوشانی شاخص

چنانکه قبلاً نیز اشاره شد روش همپوشانی شاخص یک روش ساده و متداول در تلفیق اطلاعات در محیط GIS می باشد. در این روش چند لایه اطلاعاتی که هر یک دارای دسته بندی متفاوتی هستند و هر دسته ارزش خاص خود را دارد با یکدیگر طبق یک سری روابط خاص ریاضی که قبلاً اشاره شد، تلفیق می شوند.

۶-۲-۱- مدل سازی پتانسیل کانی زایی مس پورفیری

جهت مدل سازی کانسارهای مس پورفیری کلیه اطلاعات در سه گروه فرآیندهای تشکیل کانه (OFP)^۱ شامل اطلاعات ژئوشیمیایی و آلتراسیون های موجود، ساختارها^۲ شامل ساختارهای حلقوی و گسل ها و منشأ^۳ شامل سنگ های نفوذی درونگیر ماده معدنی و توده های نفوذی کم عمق که ممکن است در کانی زایی مس پورفیری مؤثر باشند، گروه بندی گردید.

اطلاعات مذکور پس از آماده سازی و پردازش اولیه که در فصل قبل اشاره شد، در این فصل با توجه به نوع کانی زایی ابتدا پردازش نهایی شده که از جمله این عملیات اختصاص وزن به لایه ها و سپس تبدیل به حالت رستری را می توان نام برد. سپس اطلاعات پردازش شده با هم تلفیق و محدوده های امیدبخش معرفی گردید.

^۱ - Ore Forming Processing

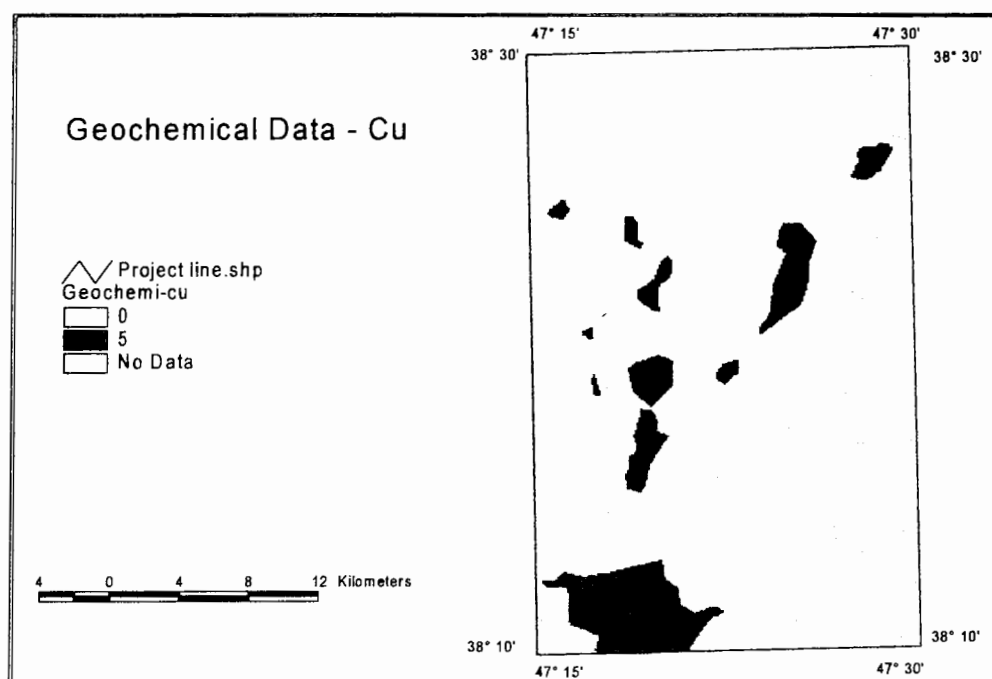
^۲ - Structures

^۳ - Source

۱-۱-۲-۶- اطلاعات ژئوشیمیایی

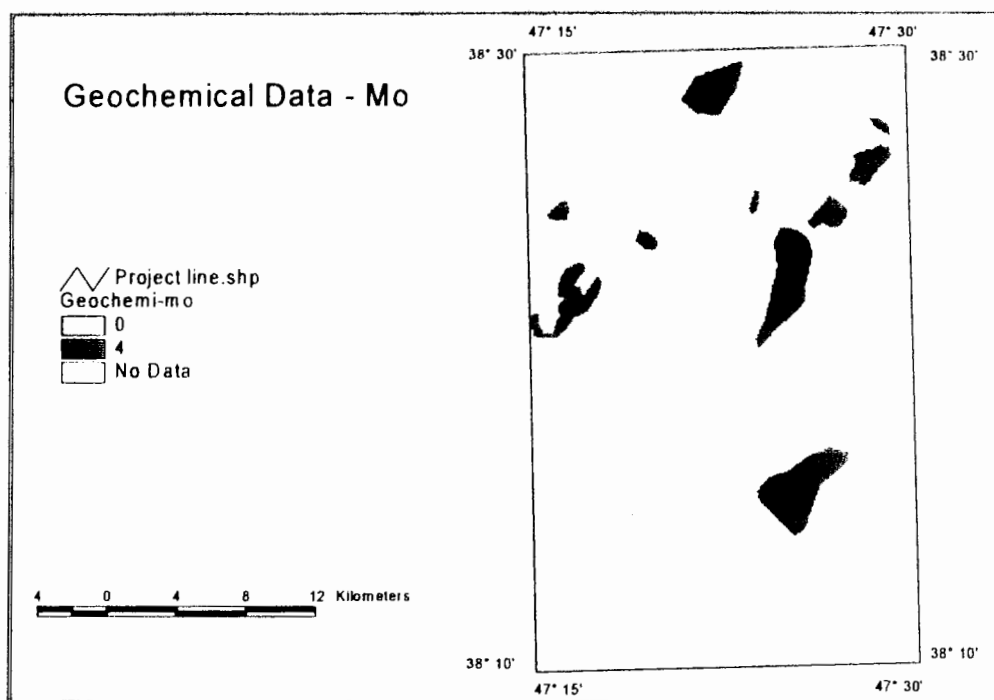
لایه‌های اطلاعاتی ژئوشیمیایی مربوط به چهار عنصر مس، طلا، مولیبدن و نقره جهت مدل‌سازی مس پورفیری انتخاب شدند. سپس در جدول اطلاعاتی فایل‌های مربوطه، یک ستون به نام "رتبه" یا "ارزش"^۱ جهت وزن‌دهی به مناطق آنومال اضافه گردید. به‌طوری‌که برای محدوده‌های آنومال مس ارزش ۵، مولیبدن و طلا ارزش ۴ و نقره ارزش ۳ داده شد. در این لایه‌ها به مناطقی که دارای محدوده آنومالی نبودند، ارزش صفر داده شد. تمام لایه‌های مذکور سپس براساس ستون "ارزش" تبدیل به لایه‌های رستری شدند. ارزش دهی به لایه‌های ژئوشیمیایی بر اساس آنومالی‌هایی می‌باشد که این عناصر در مدل‌های مس پورفیری از خود نشان می‌دهند.

شکل‌های (۱-۶)، (۲-۶)، (۳-۶) و (۴-۶) لایه‌های ژئوشیمیایی ارزش داده شده را نشان می‌دهند.

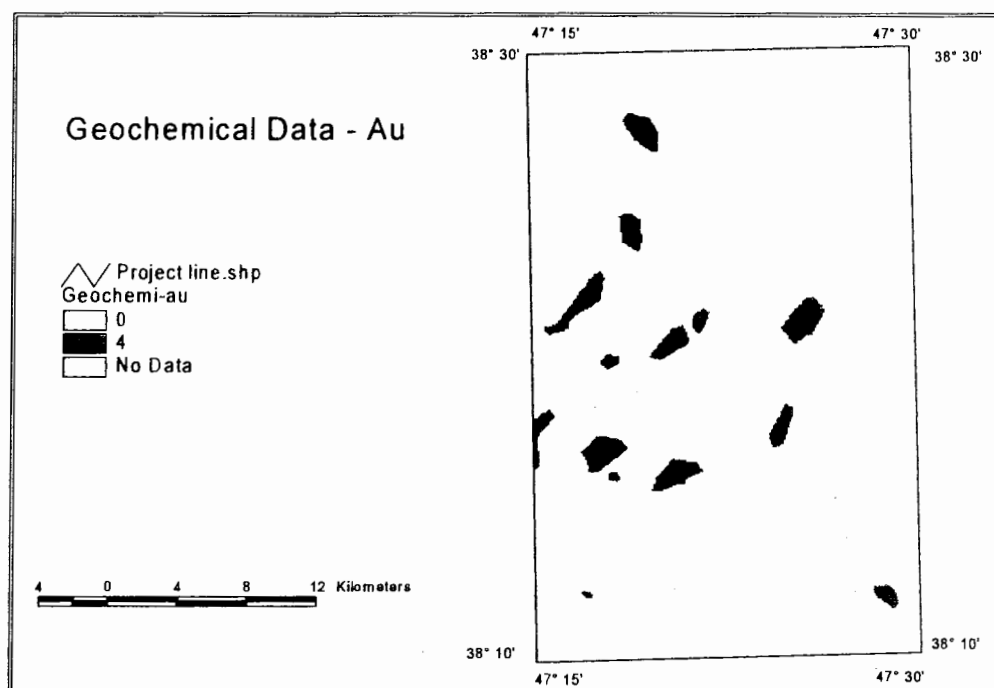


شکل (۱-۶): لایه وزن‌دار شده ژئوشیمیایی مس

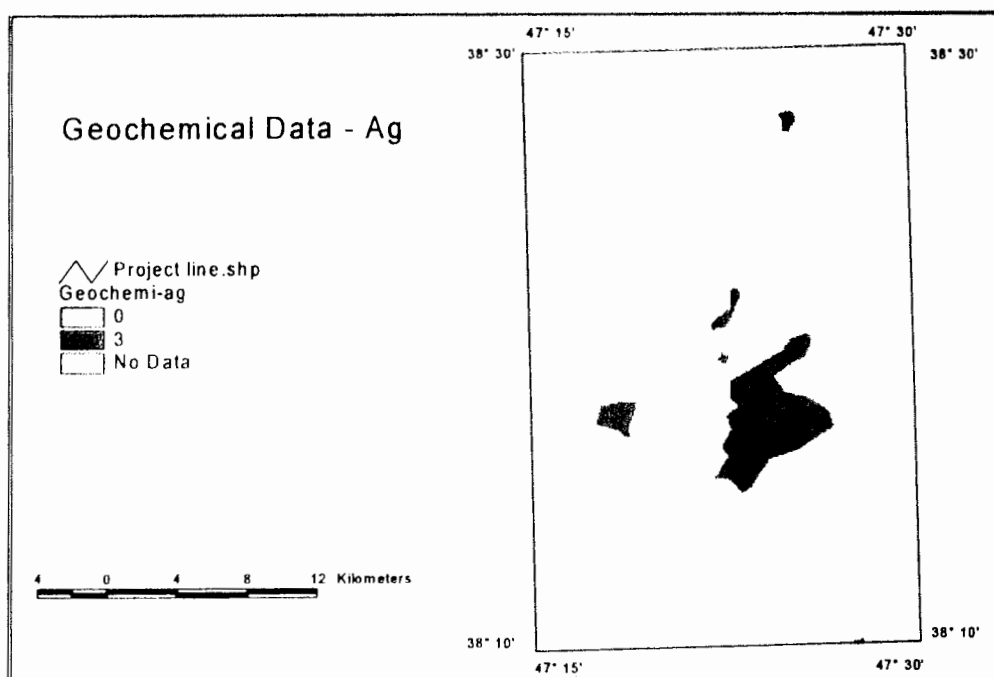
^۱ - Score



شکل (۲-۶): لایه وزن دار شده ژئوشیمیایی مولیبدن



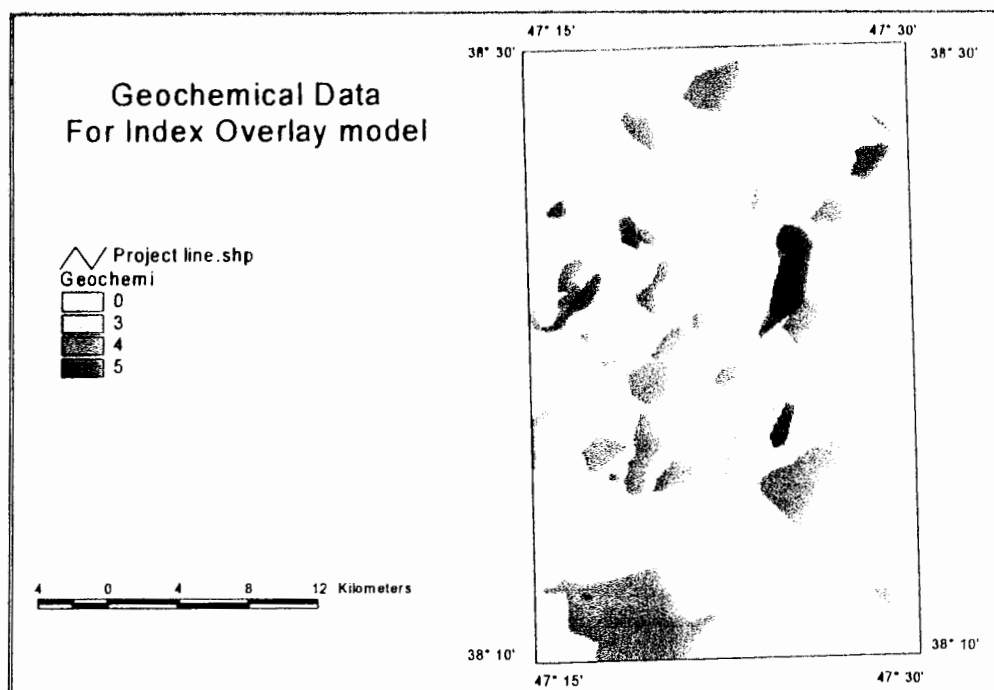
شکل (۳-۶): لایه وزن دار شده ژئوشیمیایی طلا



شکل (۴-۶): لایه وزن دار شده ژئوشیمیایی نقره

تمامی لایه‌های فوق به روش همپوشانی ساده^۱ با هم تلفیق و در نهایت لایه اطلاعاتی بدست آمده با ارزشهای صفر تا ۵ چنانکه در شکل (۵-۶) دیده می‌شود، دسته‌بندی مجدد گردید. این لایه به عنوان لایه ژئوشیمیایی در تلفیق نهائی می‌باشد.

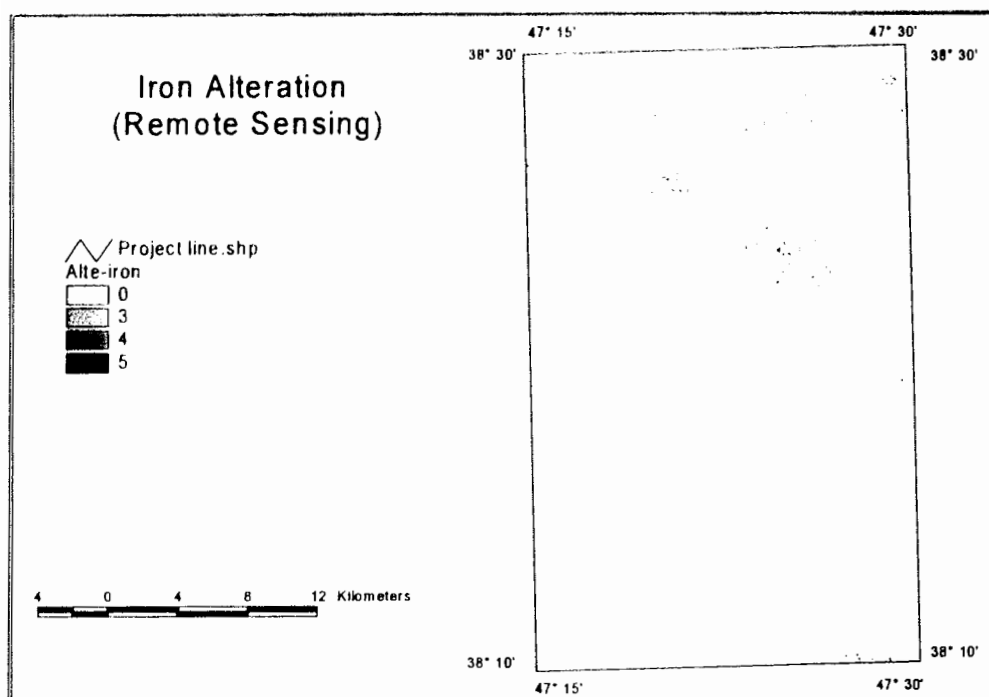
^۱ - Simple Overlay



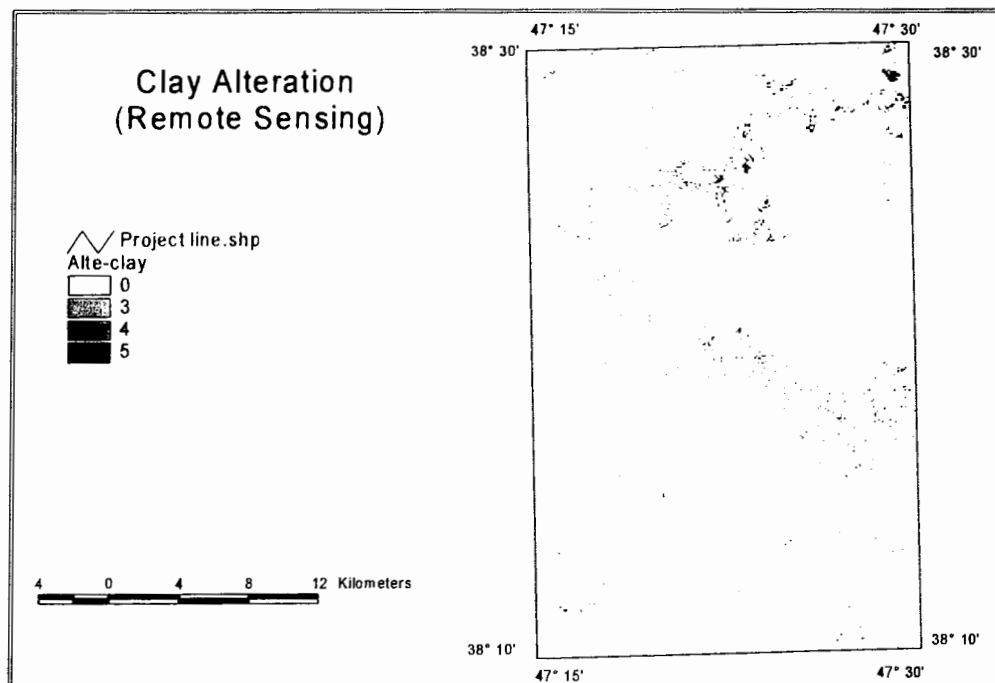
شکل (۵-۶): لایه ژئوشیمیایی نهایی جهت مدل‌سازی مس پورفیری

۲-۱-۲-۶- آلتراسیون ها

اطلاعات مربوط به آلتراسیون که در مدل‌سازی مس پورفیری به کار گرفته شده شامل دو بخش آلتراسیون‌های بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای و آلتراسیون‌های هیدروترمالی استخراج شده از نقشه زمین‌شناسی می‌باشد. آلتراسیون‌های اکسید آهن و رسی که بصورت لایه‌هایی با ۴ کلاس در گروه دورسنجی سازمان زمین‌شناسی کشور رتبه بندی شده بود، بعد از تبدیل به فایل‌هایی که در نرم‌افزار Arcview قابل استفاده باشد، در چهار کلاس ارزش گذاری گردید. بطوری که در جاهایی که احتمال وجود آلتراسیون‌های مذکور بالا بود ارزش ۵ و به همین ترتیب ارزش‌های ۴ و ۳ به مناطقی با احتمال کمتر واگذار شد. ارزش صفر نیز به مناطقی از محدوده مطالعاتی که دارای آلتراسیون نبودند، داده شد. شکل‌های (۶-۶) و (۷-۶) آلتراسیون‌های اکسید آهن و رسی را نشان می‌دهد.



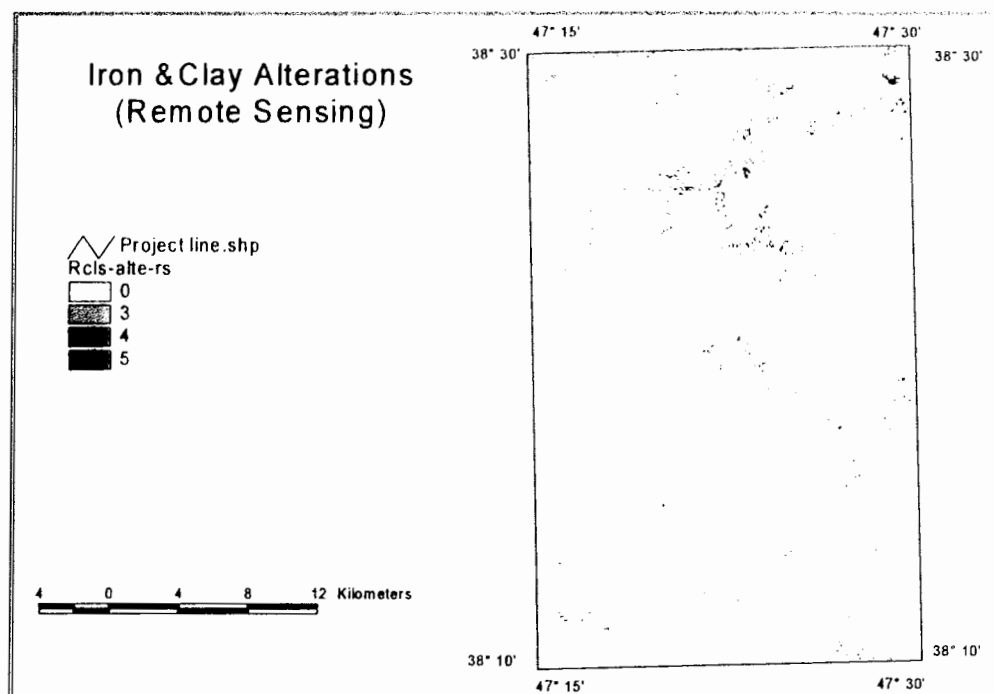
شکل (۶-۶): لایه وزن دار شده آلتراسیون های اکسید آهن



شکل (۶-۷): لایه وزن دار شده آلتراسیون های رسی

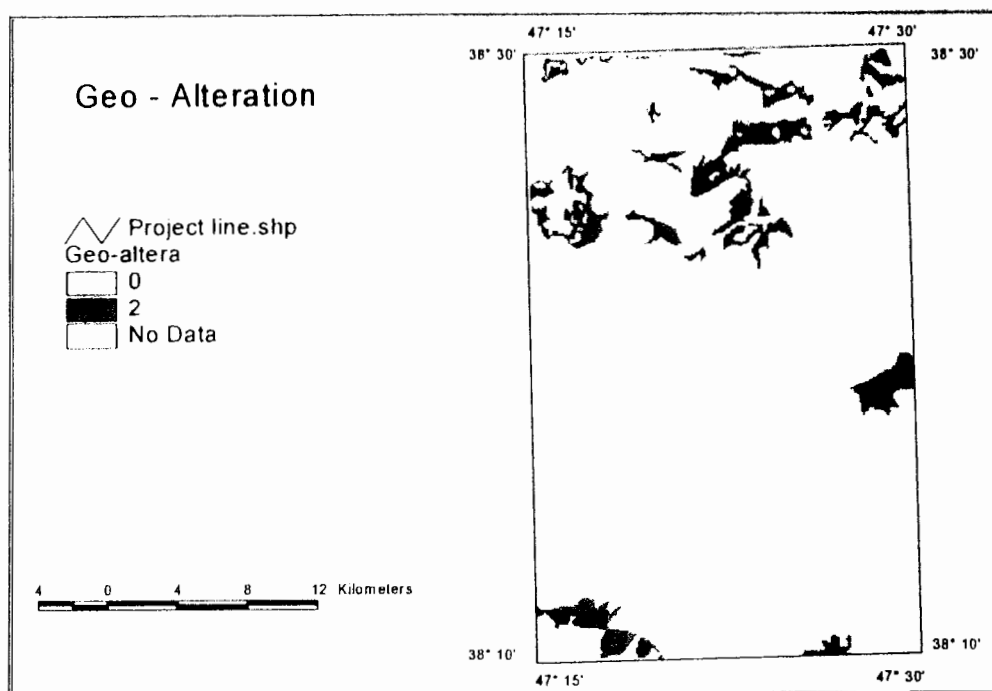
سپس دو لایه فوق به روش همپوشانی ساده با هم تلفیق و در نهایت لایه حاصل دسته‌بندی مجدد

شده و لایه نهایی به صورت شکل (۸-۶) بدست آمد.



شکل (۸-۶): لایه آلتراسیون دورسنجی جهت مدل‌سازی مس پورفیری

آلتراسیون هیدروترمال از نقشه زمین شناسی استخراج، سپس بعد از ترکیب (Union) با چند ضلعی محدوده مطالعاتی یک ستون به نام "ارزش" به جدول اطلاعاتی آن افزوده شد. به محدوده‌های آلتراسیون امتیاز ۲ و به سایر نواحی امتیاز صفر واگذار شد. لایه مذکور براساس ستون امتیاز داده شده به لایه رستری تبدیل و برای تلفیق نهایی آماده گردید. شکل (۹-۶) آلتراسیون‌های هیدروترمالی استخراج شده از نقشه زمین شناسی منطقه را نشان می‌دهد.

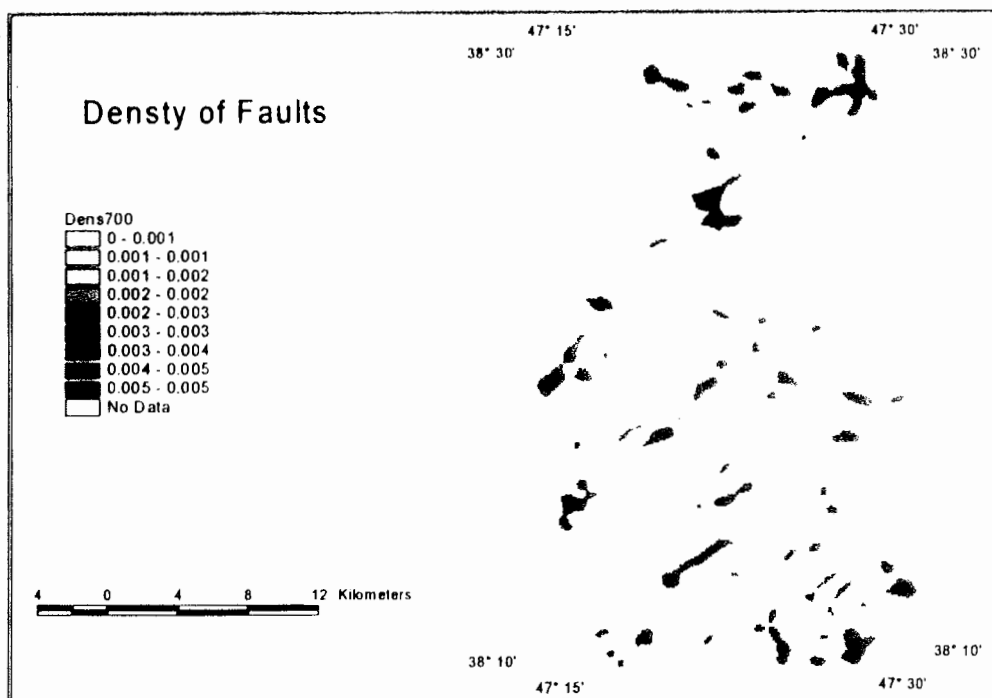


شکل (۹-۶): آلتراسیون‌های هیدروترمالی حاصل از نقشه زمین‌شناسی

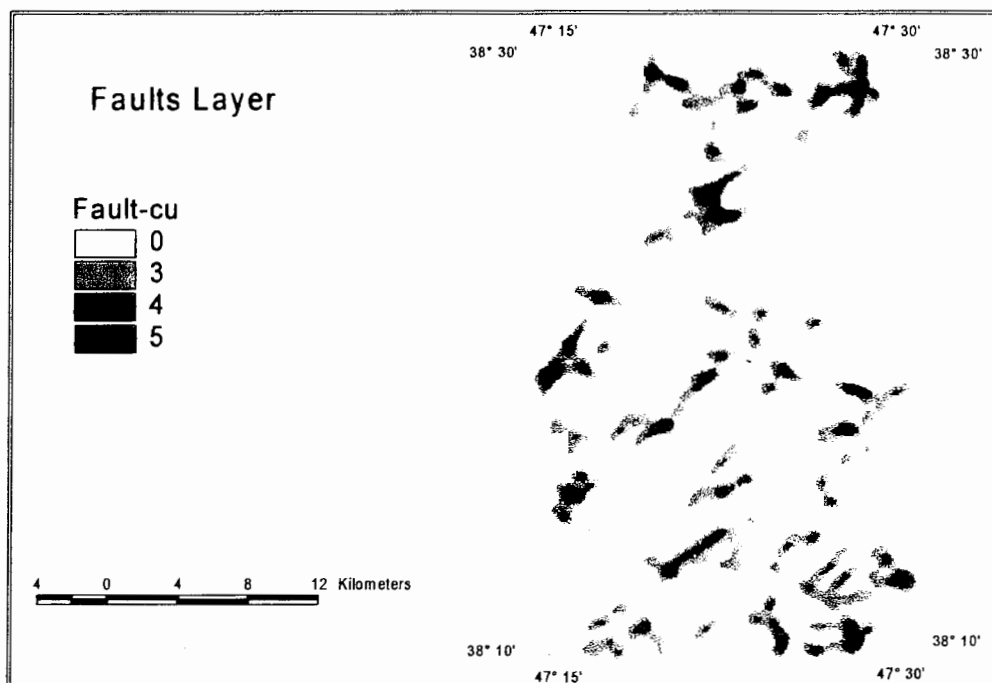
۳-۱-۲-۶- ساختارها

اطلاعات ساختاری شامل لایه گسل‌ها و ساختارهای حلقوی، در تشکیل ذخایر مس پورفیری از اهمیت خاصی برخوردار هستند. جهت استفاده از لایه گسل‌ها برای مدل‌سازی مس پورفیری از دانسیته خطوط گسل‌ها به شعاع ۷۰۰ متری از دستور Density در نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. شکل (۱۰-۶) نقشه دانسیته گسل‌های محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

نقشه مذکور در چهار گروه دسته‌بندی مجدد گردید به‌طوری که به حداکثر مقدار دانسیته ارزش ۵ و به ترتیب ارزشهای ۴ و ۳ به مقادیر پایین‌تر اختصاص داده شد. به مناطق خارج از محدوده ۷۰۰ متری گسل‌ها ارزش صفر در نظر گرفته شد. شکل (۱۱-۶) نقشه گسل‌های منطقه را که برای تلفیق نهایی و مدل‌سازی مس پورفیری آماده شده است را نشان می‌دهد.

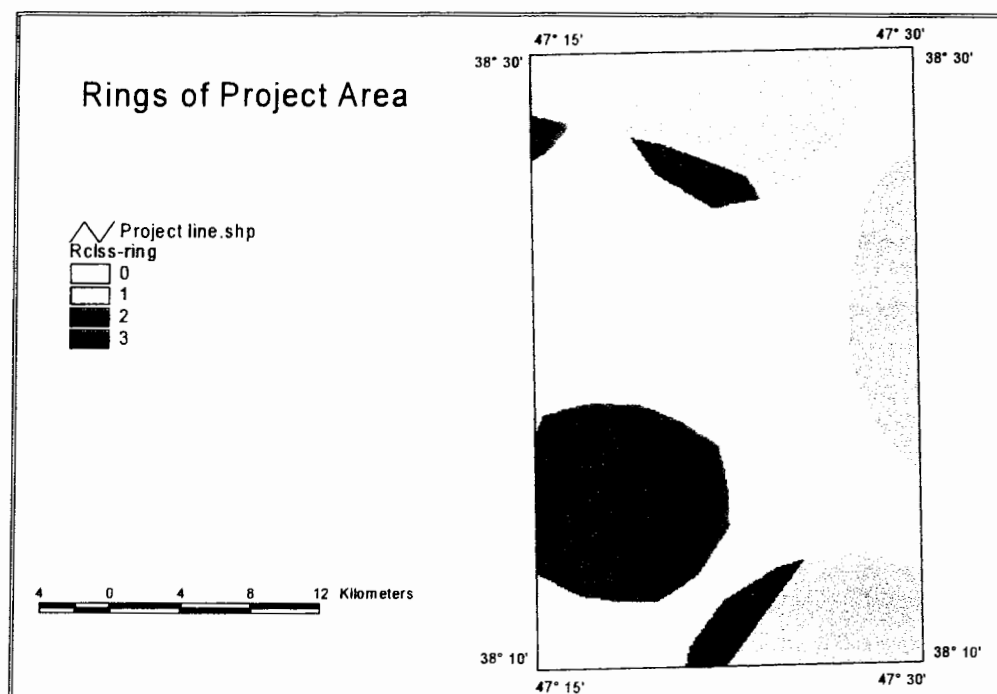


شکل (۶-۱۰): نقشه دانستیه گسل‌های محدوده مورد مطالعه



شکل (۶-۱۱): نقشه نهایی گسل‌های منطقه جهت مدل‌سازی مس پورفیری

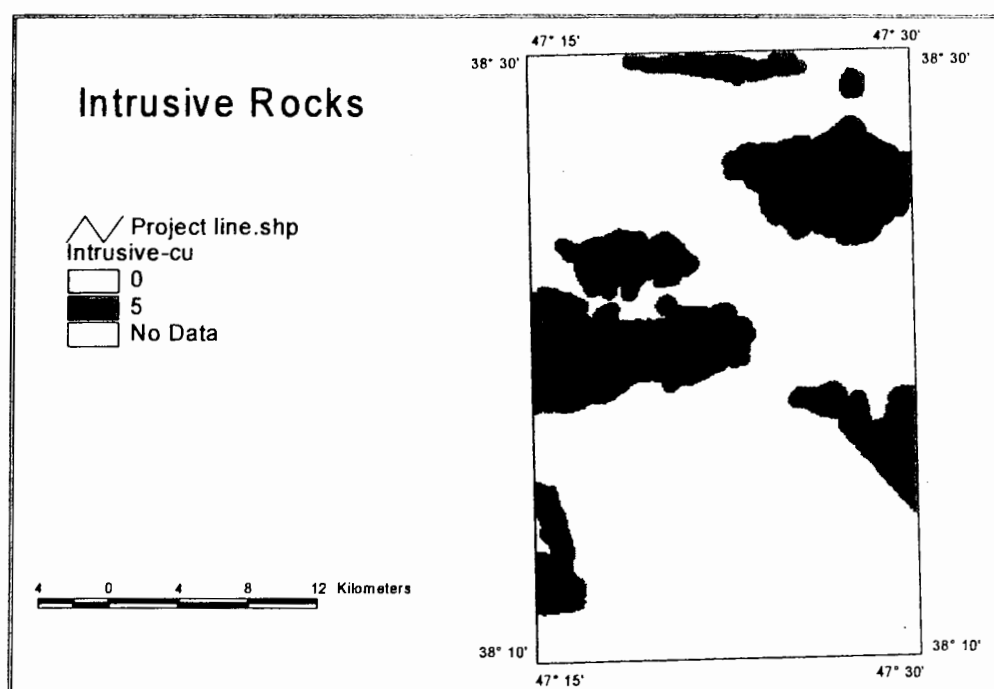
ساختارهای حلقوی بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای نیز چنانکه قبلاً اشاره شد پس از تبدیل به حالت چند ضلعی براساس بزرگی و وسعت‌شان از هم تفکیک شدند به طوری که بزرگترین آنها ارزش یک به دومی ارزش ۲ و به کوچکترین آنها ارزش ۳ داده شد. پس از تبدیل به حالت رستری سه لایه مذکور به روش همپوشانی ساده با هم تلفیق تا نقاط مشترک امتیاز بالاتری بگیرند. لایه تلفیق شده دوباره دسته‌بندی گردید و به صورت یک لایه چهار کلاسه با ارزش‌های صفر، یک، دو و سه برای تلفیق نهایی جهت مدل‌سازی مس پورفیری بدست آمد (شکل (۶-۱۲)).



شکل (۶-۱۲): لایه نهایی ساختار حلقوی منطقه جهت مدل‌سازی مس پورفیری

۴-۱-۲-۶- سنگ های منشأ

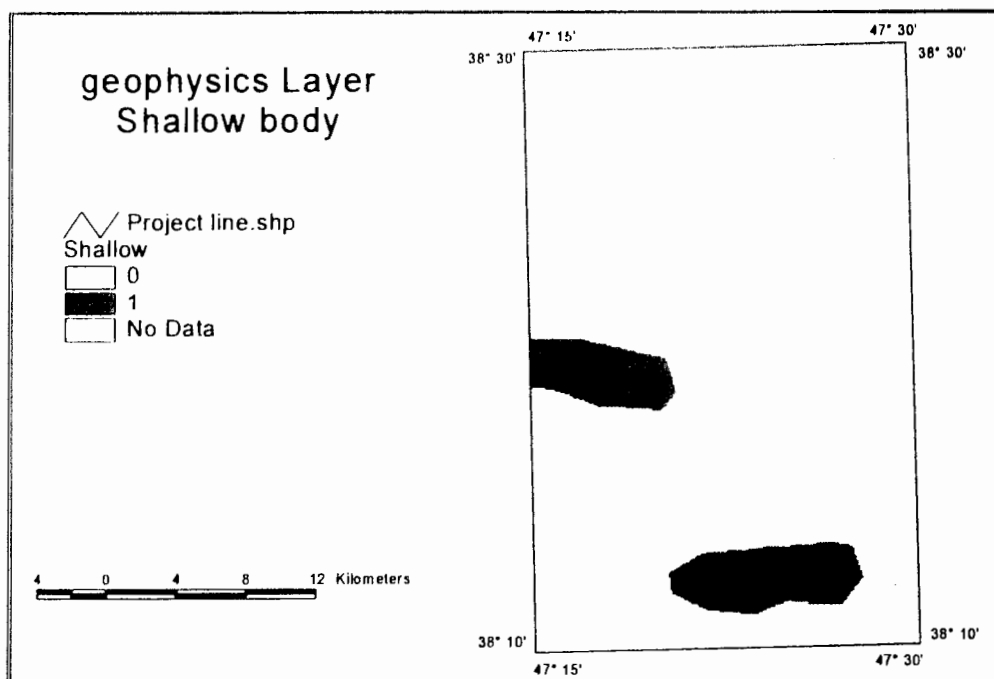
اطلاعات مربوط به داده‌های زمین‌شناسی مؤثر در کانی‌زایی مس پورفیری از نقشه زمین‌شناسی^{۱/} اهر استخراج گردید. توده‌های نفوذی gr^A و gr^B که شامل مونزوگرانیت، گرانودیوریت، گرانیت، بیوتیت گرانیت و مونزونیت می‌باشند جهت کانی‌زایی مس پورفیری به عنوان سنگ‌های میزبان استخراج و تا ۴۰۰ متری بافر شدند. با ایجاد یک ستون ارزش در جدول اطلاعاتی لایه مذکور، ارزش واحدهای نفوذی ۵ در نظر گرفته شد. سپس این لایه اطلاعاتی به حالت رستری تبدیل گردید (شکل (۶-۱۳)).



شکل (۶-۱۳): لایه واحدهای نفوذی منطقه جهت مدل‌سازی مس پورفیری

توده‌های نفوذی کم‌عمق نیز که از اطلاعات ژئوفیزیک هوایی بدست آمده، ارزش‌گذاری شد. با توجه به اینکه اطلاعات بدست آمده از داده‌های ژئوفیزیک هوایی در این منطقه از دقت کمتری برخوردار

هستند لذا به واحدهای نفوذی کم عمق حاصل از این داده‌ها، کمترین ارزش یعنی یک اختصاص داده شد و این لایه نیز بعد از تبدیل به حالت رستری برای تلفیق نهایی آماده گردید (شکل ۶-۱۴).



شکل (۶-۱۴): واحدهای نفوذی کم عمق جهت مدل‌سازی مس پورفیری

۵-۱-۲-۶- تلفیق نهایی لایه‌های اطلاعاتی به روش همپوشانی شاخص - مس پورفیری

روش همپوشانی شاخص بر پایه دانسته‌ها و تجربیات کارشناسی می‌باشد. جهت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی از فرمول اصلاح شده عملی زیر که در فصل دوم (رابطه ۲-۳) بیان گردید، استفاده شد:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S_{ij} W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (۱-۶)$$

در این رابطه S امتیاز بدست آمده بعد از ترکیب نقشه‌ها برای هر مکان از محدوده مورد مطالعه می‌باشد، W_i وزن i امین نقشه ورودی و S_{ij} امتیاز i امین کلاس از i امین نقشه است.

لایه‌های مربوط به اطلاعات ژئوشیمیایی، آلتراسیون‌ها، ساختارها و سنگ‌های نفوذی با دادن ارزش‌های متفاوت W_i به هر یک، تلفیق و چند لایه مختلف نهایی به دست آمد. لایه‌های به دست آمده که معرف نواحی امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری می‌باشند، تقریباً نواحی مشابهی را ارائه نمودند (شکل‌های (۶-۱۵) تا (۶-۲۰)).

اگر لایه ژئوشیمی را با C، آلتراسیون‌های دورسنجی را با A-rs، آلتراسیون‌های زمین‌شناسی را با A-geo، گسل‌ها را با I، ساختارهای حلقوی را با R، سنگ‌های نفوذی را با I و واحدهای نفوذی کم عمق بدست آمده از اطلاعات ژئوفیزیک هوایی را با S مشخص کنیم، مدل‌های به دست آمده طبق روابط زیر ایجاد شده‌اند:

$$\text{مدل ۱- } [1.5 (C) + 1.5 (I) + A\text{-rs} + F + R + S] / 7$$

$$\text{مدل ۲- } [2.5 (C) + 2 (I) + 1.5 (A\text{-rs}) + 1.5 (F) + R + S] / 9.5$$

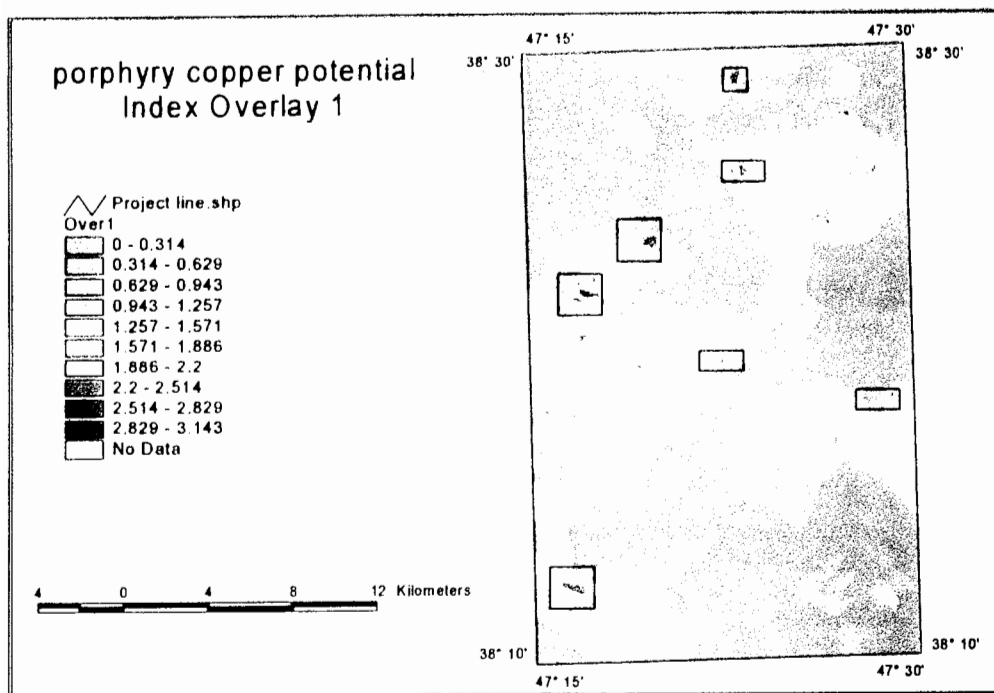
$$\text{مدل ۳- } C + I + A\text{-rs} + A\text{-geo} + F + R + S \quad (\text{Simple Overlay})$$

$$\text{مدل ۴- } [1.5 (C) + 1.5 (I) + A\text{-rs} + A\text{-geo} + F + R + S] / 8$$

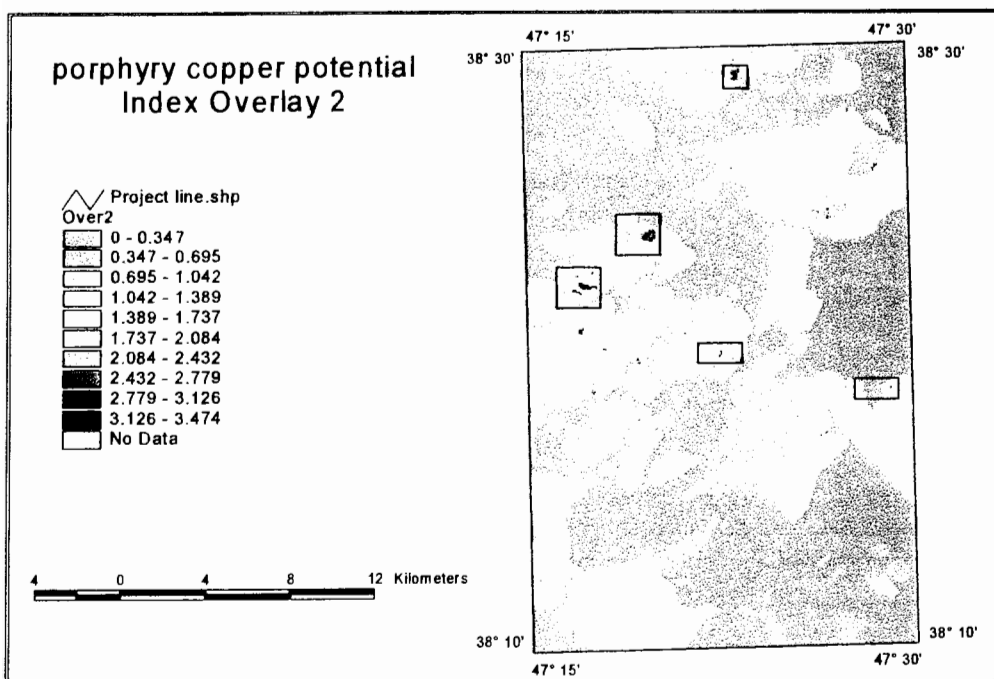
$$\text{مدل ۵- } [1.5 (C) + 1.5 (I) + A\text{-rs} + A\text{-geo} + 1.5 (F) + R + S] / 8.5$$

$$\text{مدل ۶- } [1.5(C) + 1.5(I) + 1.25(A\text{-rs}) + 1.5(A\text{-geo}) + 1.5(F) + 1.5(R) + 1.5(S)] / 8.5$$

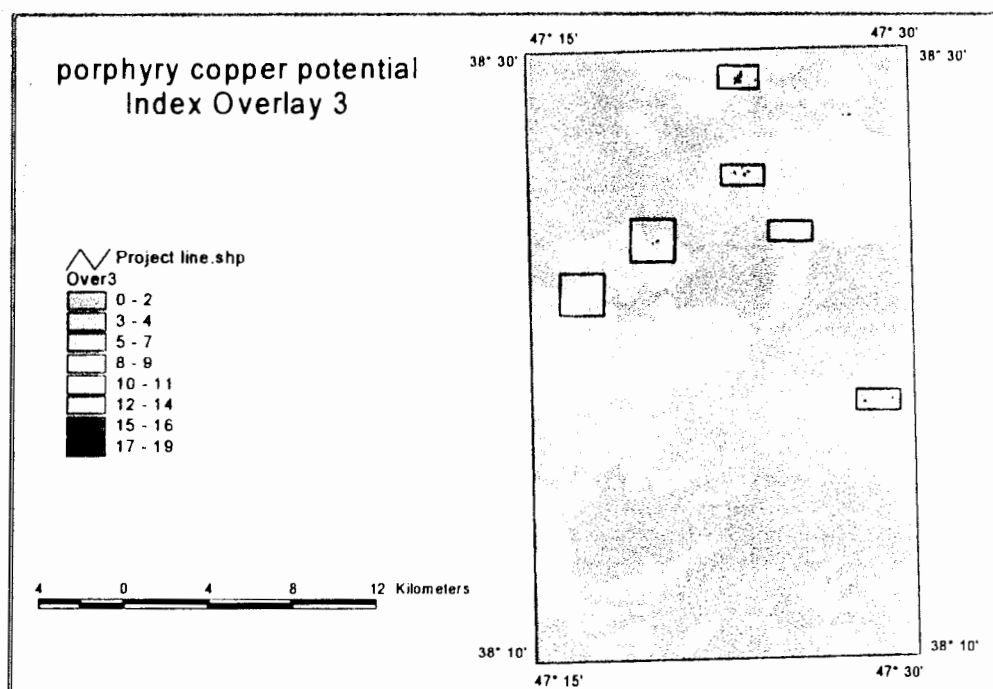
لازم به ذکر است که مدل‌های بیشتری با W_i های متفاوت برای لایه‌های اکتشافی پردازش شده فوق در نرم‌افزار ساخته شد که به دلیل مشابهت زیاد و یا وجود تفاوت جزئی مدل‌ها با یکدیگر، ۶ مدل فوق در مدل‌سازی مس پورفیری با روش همپوشانی شاخص در نظر گرفته شد. در مدل‌های ارائه شده فوق هر چند وزن‌های تخصیص داده شده برای هر لایه اکتشافی یکسان در نظر گرفته شد ولی مدل‌سازی با وزن‌های متفاوت برای کلاس‌های هر لایه اکتشافی نیز انجام گردید. به علت شباهت زیاد آنها با مدل‌های ارائه شده از تکرار آنها در پایان‌نامه خودداری شد.



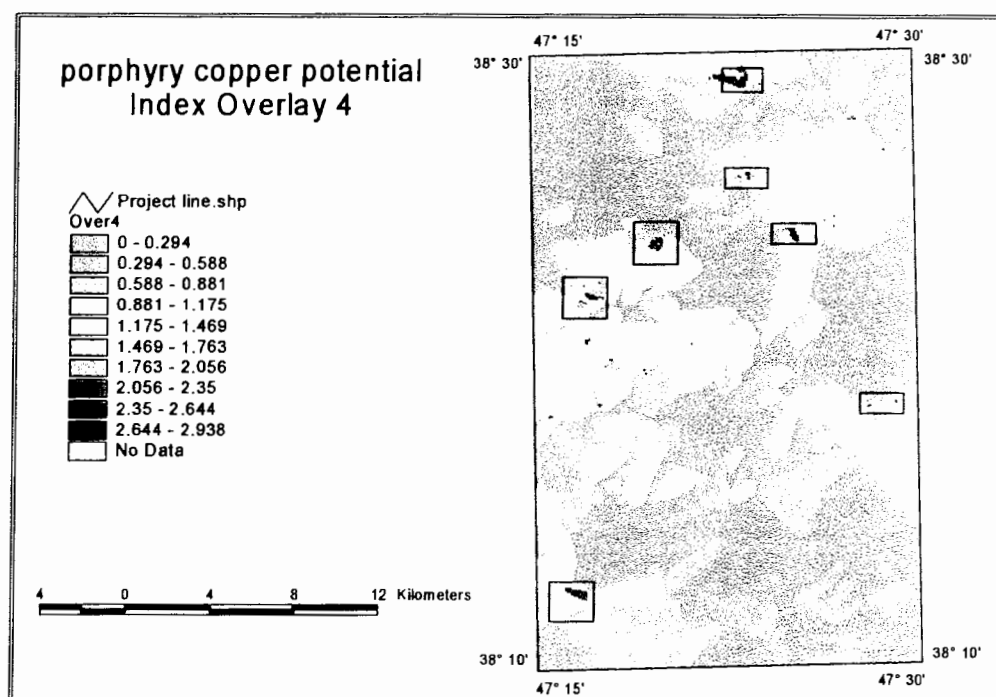
شکل (۶-۱۵): نواحی امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری - مدل ۱



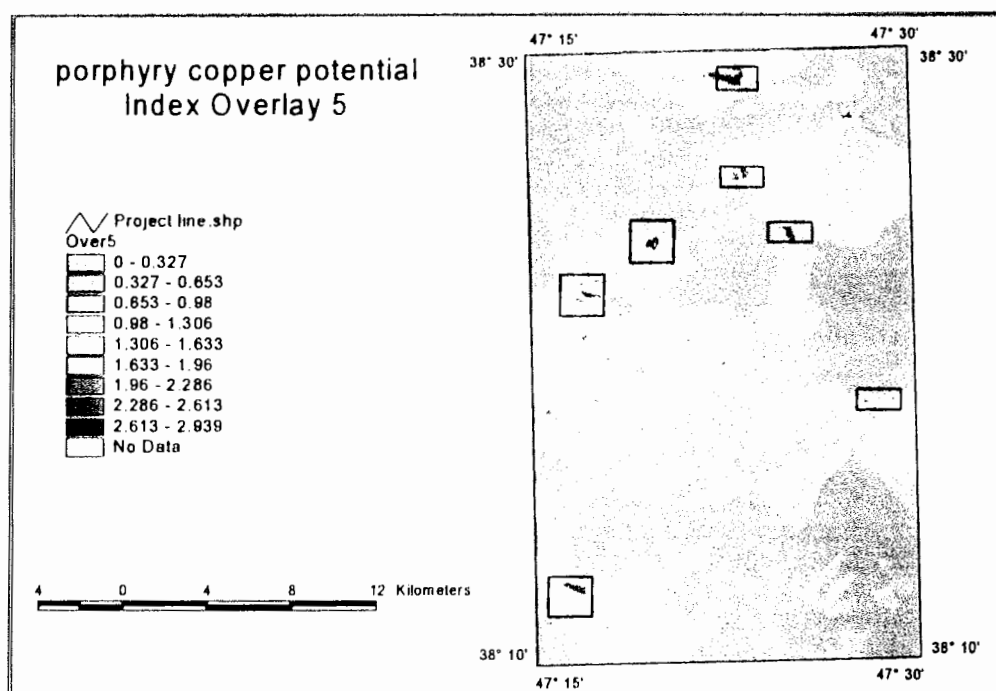
شکل (۶-۱۶): نواحی امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری - مدل ۲



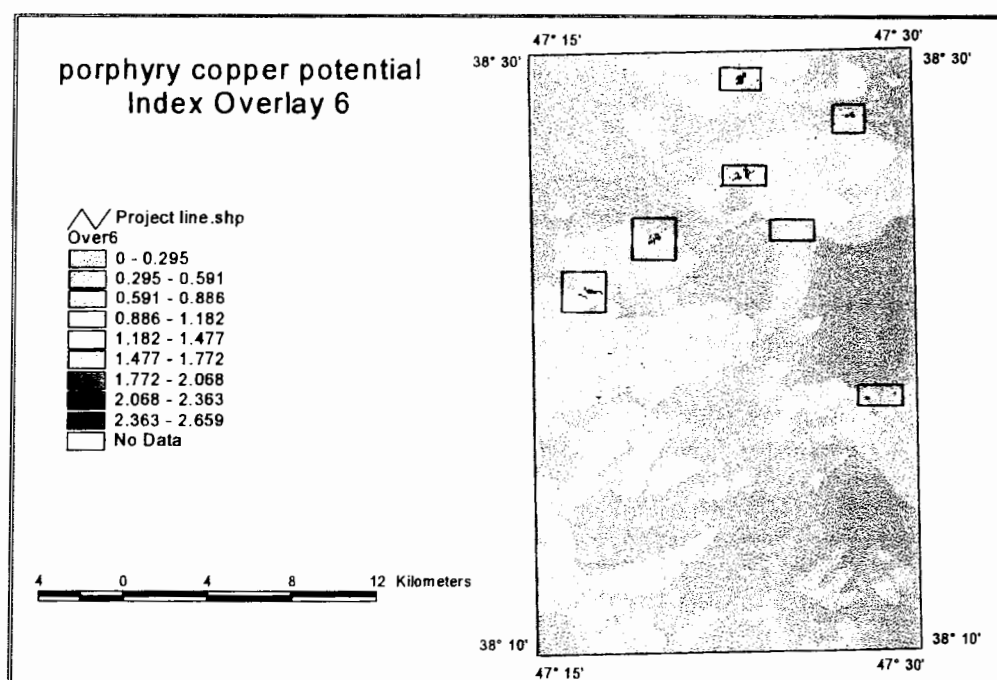
شکل (۶-۱۷): نواحی امید بخش کنای زایی مس پورفیری - مدل ۳



شکل (۶-۱۸): نواحی امید بخش کنای زایی مس پورفیری - مدل ۴



شکل (۶-۱۹): نواحی امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری - مدل ۵



شکل (۶-۲۰): نواحی امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری - مدل ۶

۶-۲-۲- مدل سازی پتانسیل کانی زایی طلائی اپی ترمال

جهت مدل سازی کانی زایی طلائی اپی ترمال در محدوده مطالعاتی تمام اطلاعات مربوطه از جمله ژئوشیمی، آلتراسیون ها، اطلاعات ساختاری، سنگ های میزبان و منابع حرارتی برای کانی زایی پس از وزن دهی بر اساس میزان تأثیرشان در تشکیل کانسار، تلفیق و نواحی امید بخش معرفی گردید.

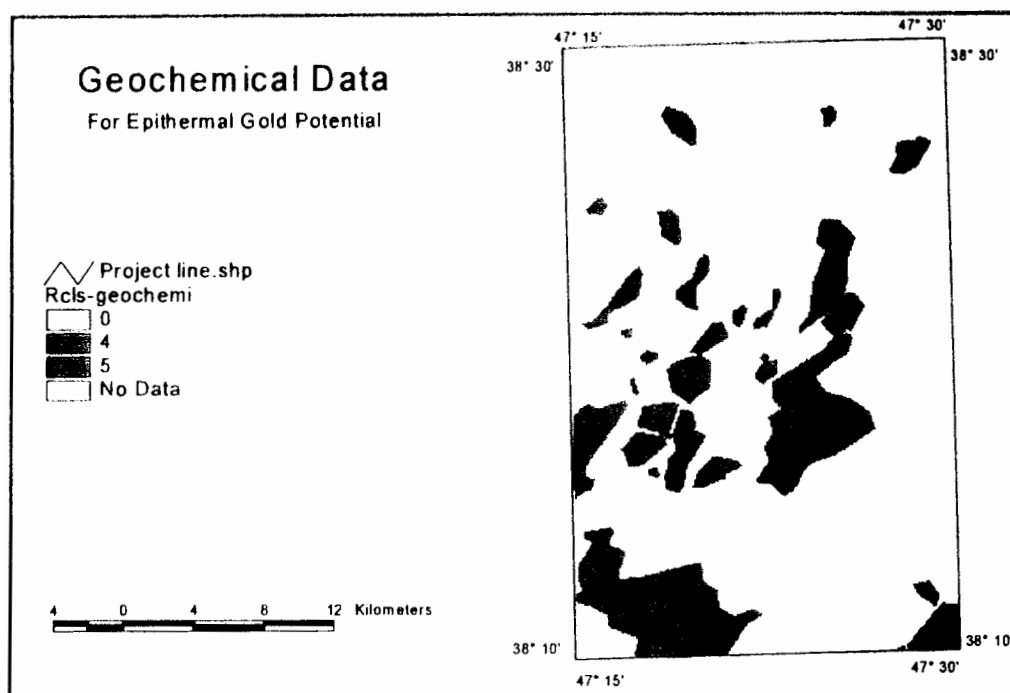
۶-۲-۲-۱- اطلاعات ژئوشیمیایی

لایه های ژئوشیمیایی مربوط به آنومالی های عناصر طلا، مس، نقره، آرسنیک و آنتیموان جهت مدل سازی کانی زایی طلائی اپی ترمال انتخاب گردید. در اینجا نیز هر یک از لایه های آنومالی ژئوشیمیایی بر حسب اهمیت وزن دهی گردید. برای مناطق آنومالی طلا با توجه به هدف اکتشافی ارزش ۵ و برای دیگر عناصر امتیاز ۴ در نظر گرفته شد.

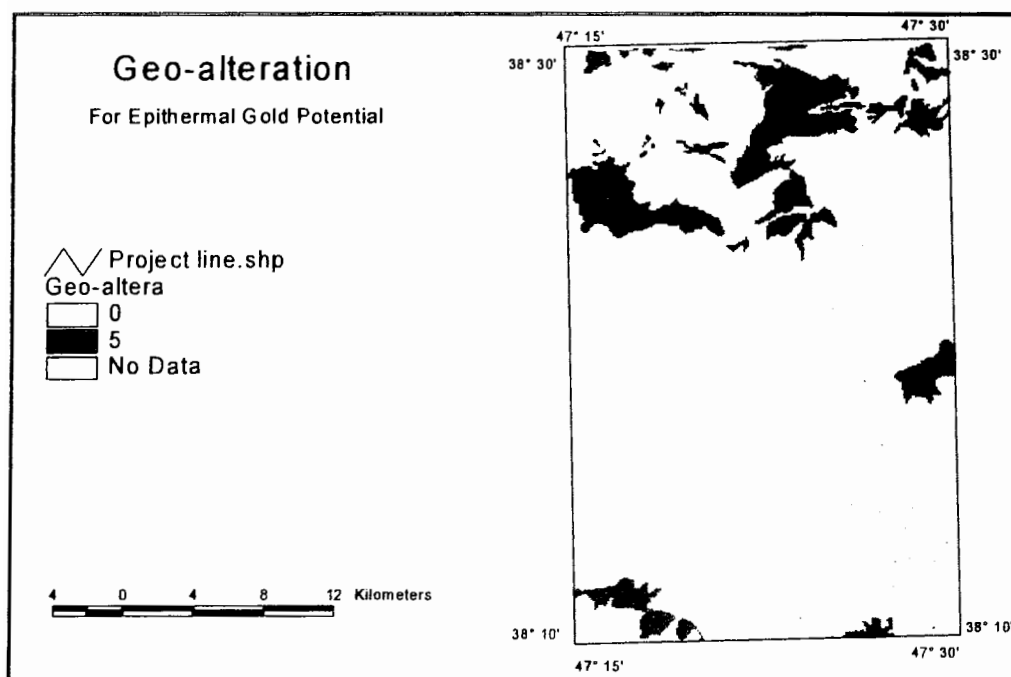
برای به دست آوردن یک لایه واحد ژئوشیمیایی لایه های فوق با هم تلفیق و در نهایت با ارزش های صفر تا ۵ چنانکه در شکل (۶-۲۱) دیده می شود، دسته بندی مجدد گردید.

۶-۲-۲-۲- آلتراسیون ها

پردازش و وزن دهی اطلاعات مربوط به آلتراسیون های استخراج شده از داده های دورسنجی برای مدل سازی مناطق امید بخش کانی زایی طلائی اپی ترمال مانند کانی زایی مس پورفیری انجام شد. آلتراسیون های استخراج شده از نقشه زمین شناسی برای کانی زایی طلائی اپی ترمال شامل آلتراسیون های سیلیسی (s) و هیدروترمال (h) می باشد. این لایه پس از استخراج از لایه زمین شناسی منطقه با حداکثر امتیاز یعنی ۵ وزن دهی و به حالت رستری تبدیل گردید (شکل (۶-۲۲)).



شکل (۶-۲۱): لایه ژئوشیمیایی نهایی جهت مدل سازی طلای اپی ترمال



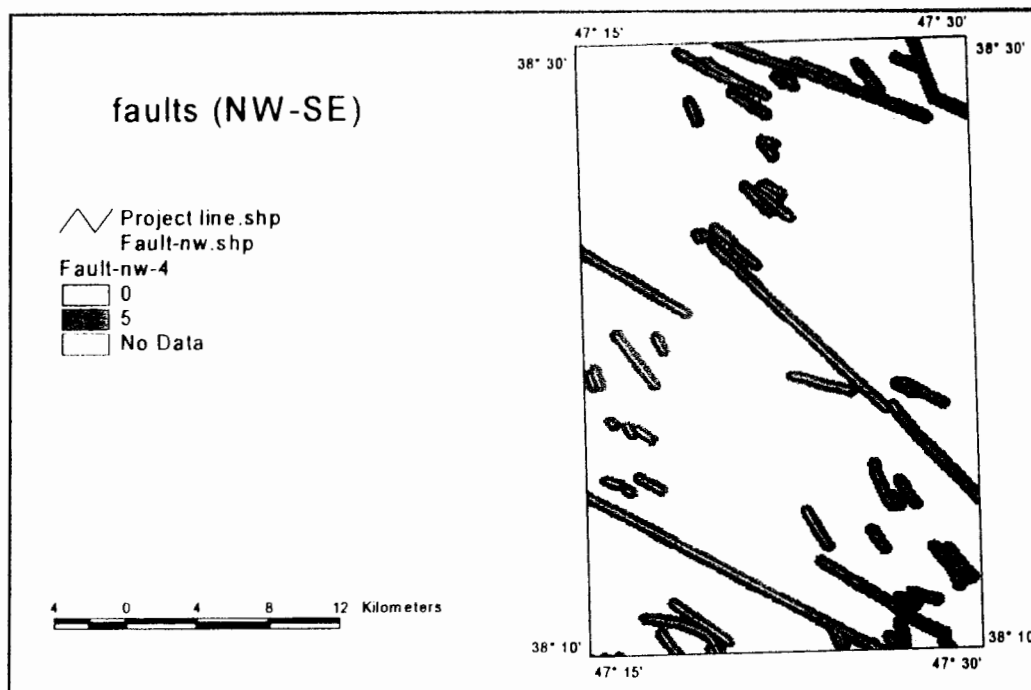
شکل (۶-۲۲): آلتراسیون های حاصل از نقشه زمین شناسی

۶-۲-۱- ساختارها

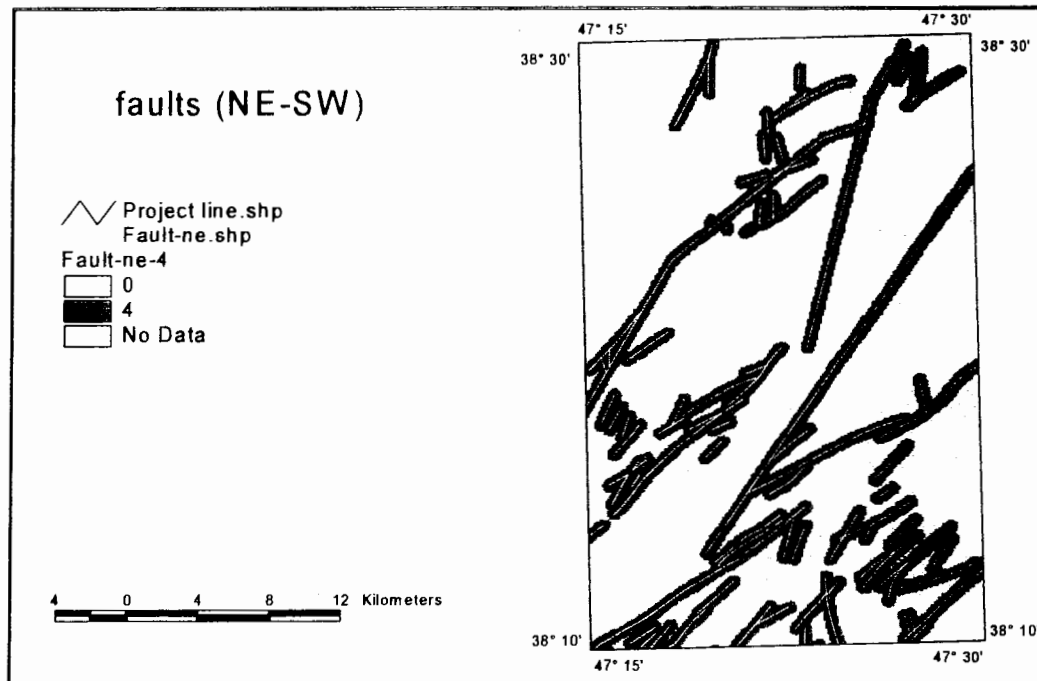
یکی از شاخص‌های مهم در تشکیل ذخایر طلای اپی‌ترمال وجود گسل‌ها، نوع و امتداد آنها می‌باشد. با توجه به گزارشات موجود در منطقه و زون ارسباران گسل‌هایی با امتداد شمال غربی - جنوب شرقی نسبت به روندهای دیگر از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. در درجه دوم نیز گسل‌هایی با امتداد شمال شرقی - جنوب غربی اهمیت دارند [۵]. لذا برای مدل سازی و تعیین نواحی امید بخش ابتدا توسط نرم افزار ArcView و به کمک نرم‌افزار الحاقی Toolbox آزمون گسل‌ها تعیین گردید. سپس گسل‌ها در سه جهت شمال و شمال شرقی - جنوب و جنوب غربی ($180^{\circ} - 165^{\circ}$, $75^{\circ} - 0^{\circ}$) و شرقی - غربی ($165^{\circ} - 105^{\circ}$) و شمال غربی - جنوب شرقی ($165^{\circ} - 105^{\circ}$) به صورت سه لایه مجزا تفکیک شدند. لایه‌های به دست آمده را تا ۴۰۰ متر بافر نموده و در نهایت پس از ترکیب با چند ضلعی محدوده مطالعاتی، مناطق بافر شده وزن‌دهی گردید. به گسل‌های شمال غربی - جنوب شرقی امتیاز ۵، گسل‌های شمال شرقی - جنوب غربی امتیاز ۴ و شرقی - غربی امتیاز ۳ داده شد.

شکل‌های (۶-۲۳)، (۶-۲۴) و (۶-۲۵) گسل‌های تفکیک شده محدوده مطالعاتی را به صورت بافر و وزن‌دهی شده نشان می‌دهند.

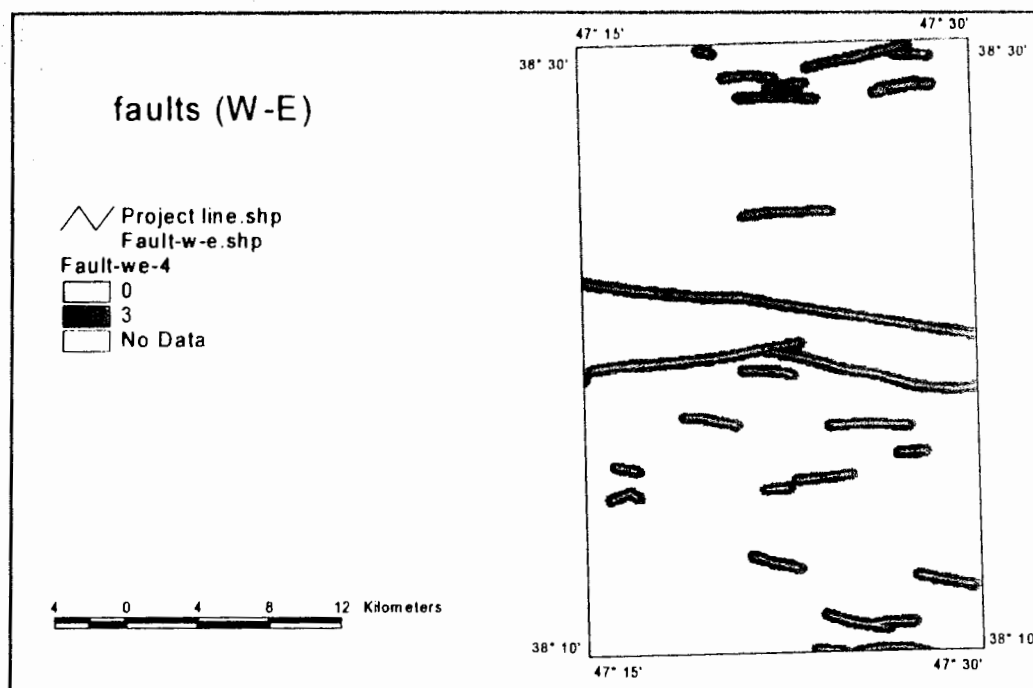
برای بدست آوردن لایه نهایی جهت تهیه نقشه پتانسیل، سه لایه مذکور را به صورت همپوشانی ساده با هم ترکیب می‌نماییم. در این صورت محل تلاقی گسل‌ها که از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند امتیاز بیشتری خواهند داشت. پس از دسته بندی مجدد امتیازها از صفر تا ۵ فایل نهایی به صورت شکل (۶-۲۶) به دست آمد.



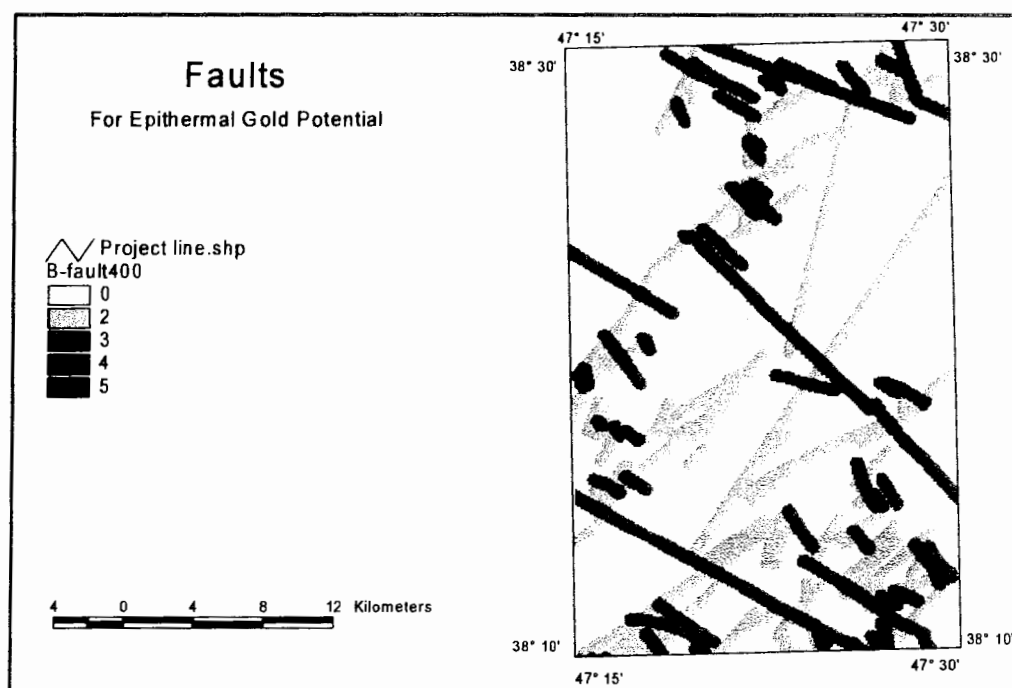
شکل (۶-۲۳): گسل‌های شمال غربی - جنوب شرقی منطقه مطالعاتی



شکل (۶-۲۴): گسل‌های شمال شرقی - جنوب غربی منطقه مطالعاتی



شکل (۶-۲۵): گسل‌های شرقی-غربی منطقه مطالعاتی



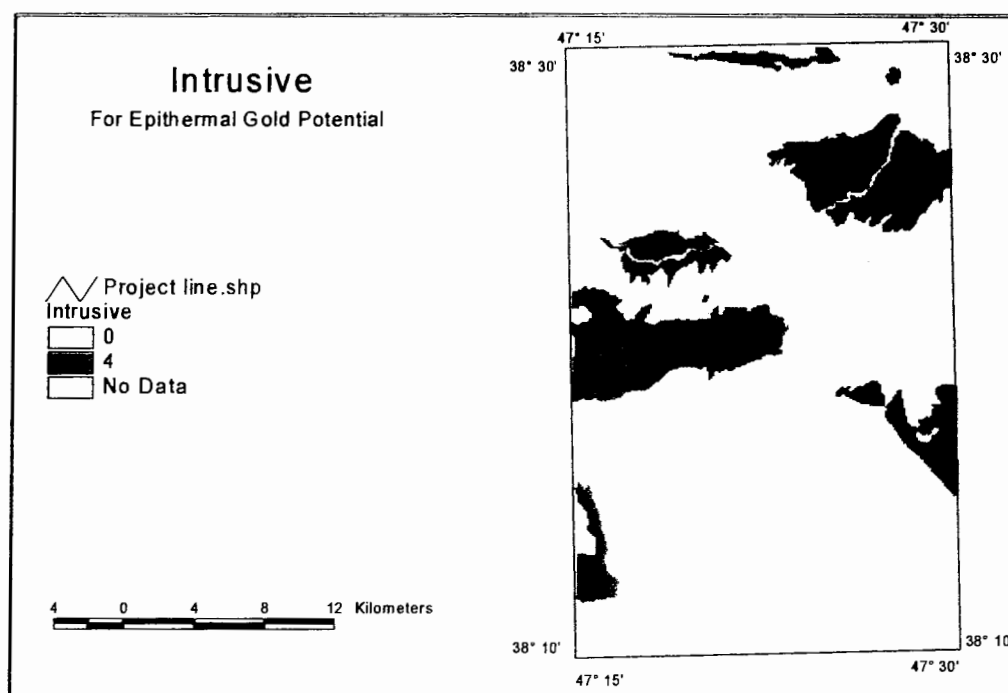
شکل (۶-۲۶): لایه گسل‌های منطقه مطالعاتی جهت مدل‌سازی طلای اپی‌ترمال

پردازش و وزن‌دهی ساختارهای حلقوی بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای مانند مدل مس پورفیری صورت گرفت.

۴-۲-۲-۶- سنگ‌های منشأ و میزبان

اطلاعات مربوط به داده‌های زمین‌شناسی مؤثر در کانی‌زائی طلای اپی‌ترمال از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ اهر استخراج گردید. توده‌های نفوذی g^h و g^h که شامل مونزوگرنایت، گرانودیوریت، گرانیت، بیوتیت گرانیت و مونزونیت می‌باشند، به عنوان سنگ‌های منشأ و منبع حرارتی انتخاب و پس از ارزش‌دهی با امتیاز ۴ به حالت رستری تبدیل گردید (شکل (۶-۲۷)).

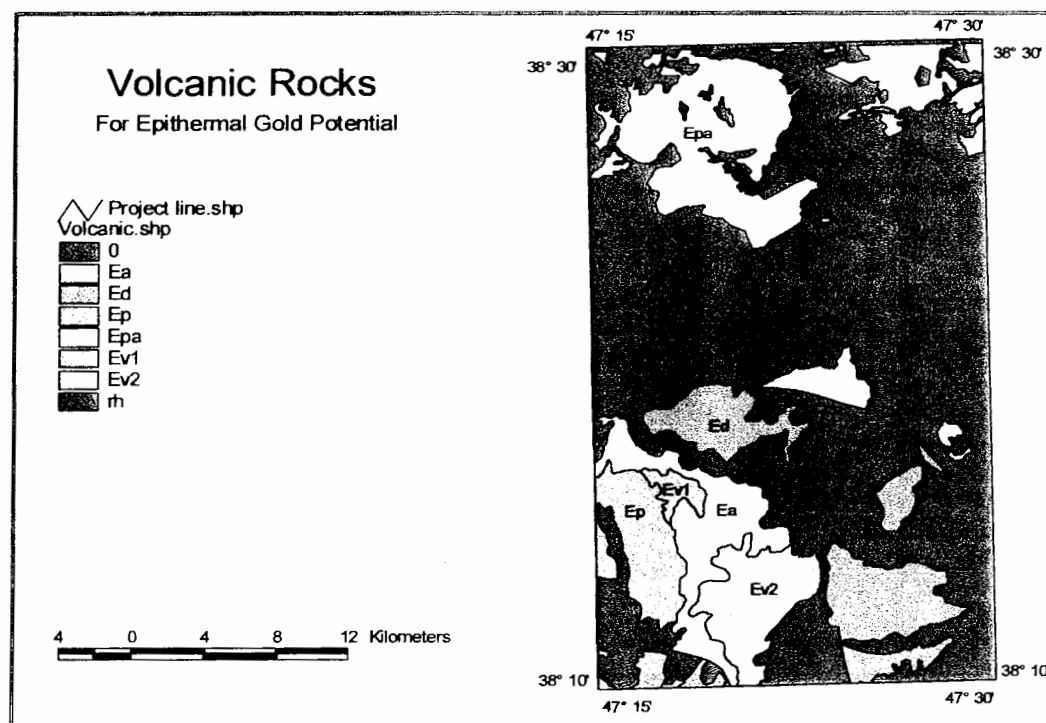
توده‌های نفوذی کم‌عمق نیز که از اطلاعات ژئوفیزیک هوایی بدست آمده، به عنوان یک لایه و منبع حرارتی برای سیستم‌های اپی‌ترمال مانند مدل مس پورفیری وزن‌دهی شد.



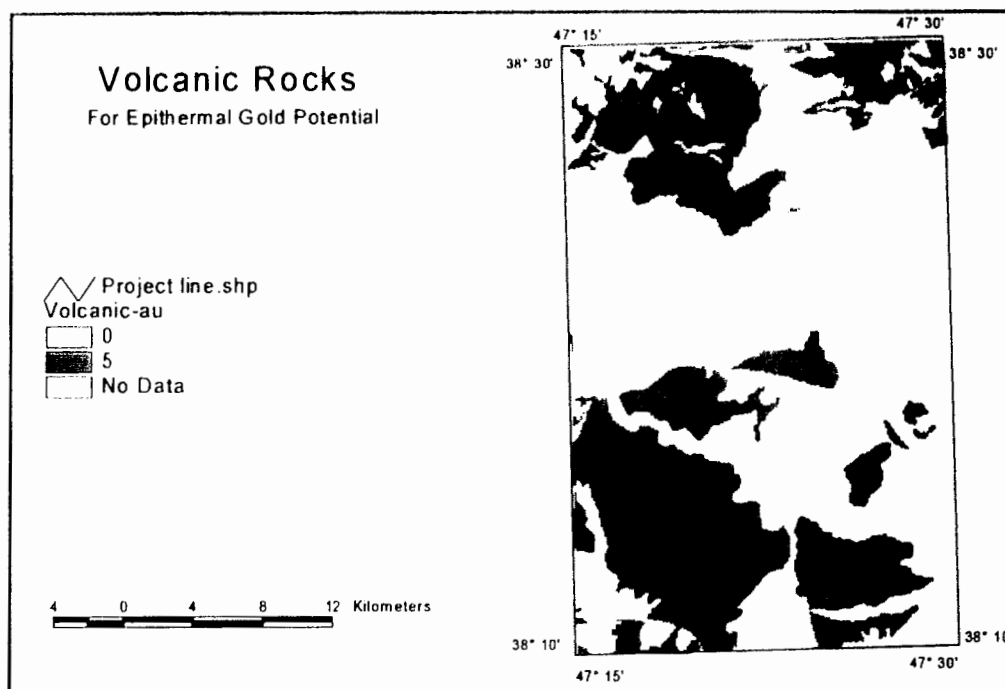
شکل (۶-۲۷): نقشه سنگ‌های منشأ جهت مدل‌سازی طلای اپی‌ترمال

چنانکه قبلاً اشاره شد، سنگ میزبان اغلب کانسارهای اپی ترمال سنگ‌های ولکانیک اسیدی تا حد واسط می‌باشد. لذا تمام واحدهایی که شرایط فوق را در منطقه مطالعاتی داشتند طبق شکل (۶-۲۸) از لایه زمین‌شناسی استخراج شدند.

واحدهای انتخاب شده دارای ترکیبی شامل آندزیت، ریولیت، ریوداسیت و داسیت می‌باشند. جهت استفاده برای مدل سازی و تهیه نقشه پتانسیل، لایه مورد نظر بعد از وزن‌دهی به صورتی که در شکل (۶-۲۹) آورده شده بر اساس وزن داده شده یعنی ۵ به حالت رستری تبدیل گردید.



شکل (۶-۲۸): فهرست واحدهای ولکانیکی انتخاب شده



شکل (۶-۲۹): لایه واحدهای ولکانیکی جهت مدل سازی طلای اپی ترمال

۶-۲-۵- تلفیق نهایی لایه های اطلاعاتی به روش همپوشانی شاخص - طلای اپی ترمال

برای مدل سازی نواحی امیدبخش کانی زایی طلای اپی ترمال به روش همپوشانی شاخص مانند کانی زایی مس پورفیری عمل نمودیم. بدین ترتیب که با دادن ارزش های متفاوت W_i به هر یک از لایه های اکتشافی ذکر شده، چندین مدل متفاوت ساخته شد.

این مدل ها که معرف نواحی امیدبخش برای کانی زایی طلای اپی ترمال می باشند در شکل های (۶-۳۰) تا (۶-۳۵) آورده شده اند.

چنانکه در مدل سازی مس پورفیری ذکر شد اگر لایه ژئوشیمی را با C، آلتراسیون های دورسنجی را با A-rs، آلتراسیون های زمین شناسی را با A-geo، گسل ها را با F، ساختارهای حلقوی را با R، سنگ های نفوذی را با I، واحدهای نفوذی کم عمق بدست آمده از اطلاعات ژئوفیزیک هوایی را با S و سنگ های ولکانیکی را با V مشخص کنیم، مدل های معرف کانی زایی طلای اپی ترمال طبق روابط زیر تشکیل شده اند:

$$\text{مدل ۱-} [C + I + V + 2(A-rs) + 1.5(A-geo) + 1.5(F) + R + S] / 10$$

$$\text{مدل ۲-} [1.25(C) + I + V + 2.5(A-rs) + 2(A-geo) + 2(F) + R + S] / 11.75$$

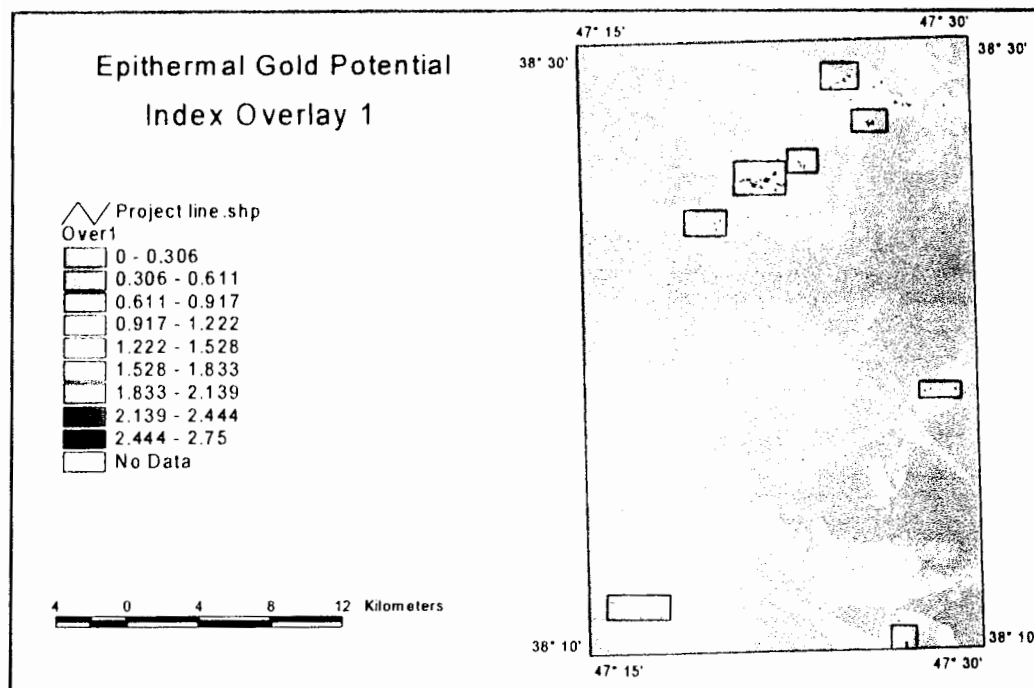
$$\text{مدل ۳-} [C + I + V + 1.5(A-rs) + 2(A-geo) + F + R + S] / 9.5$$

$$\text{مدل ۴-} [2(C) + I + 1.25(V) + 2.5(A-rs) + 2.25(A-geo) + 1.25(F) + R + S] / 12.25$$

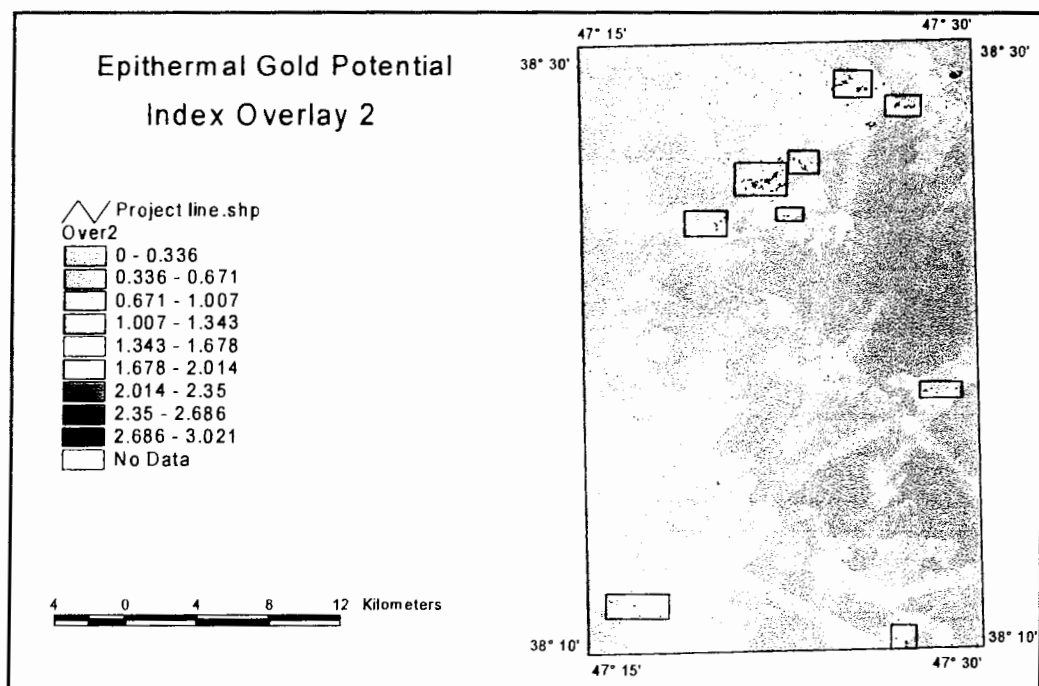
$$\text{مدل ۵-} [1.25(C) + I + V + 1.75(A-rs) + 2(A-geo) + 1.25(F) + R + S] / 10.25$$

$$\text{مدل ۶-} [1.25(C) + I + V + 1.5(A-rs) + 1.5(A-geo) + 1.25(F) + R + S] / 9.5$$

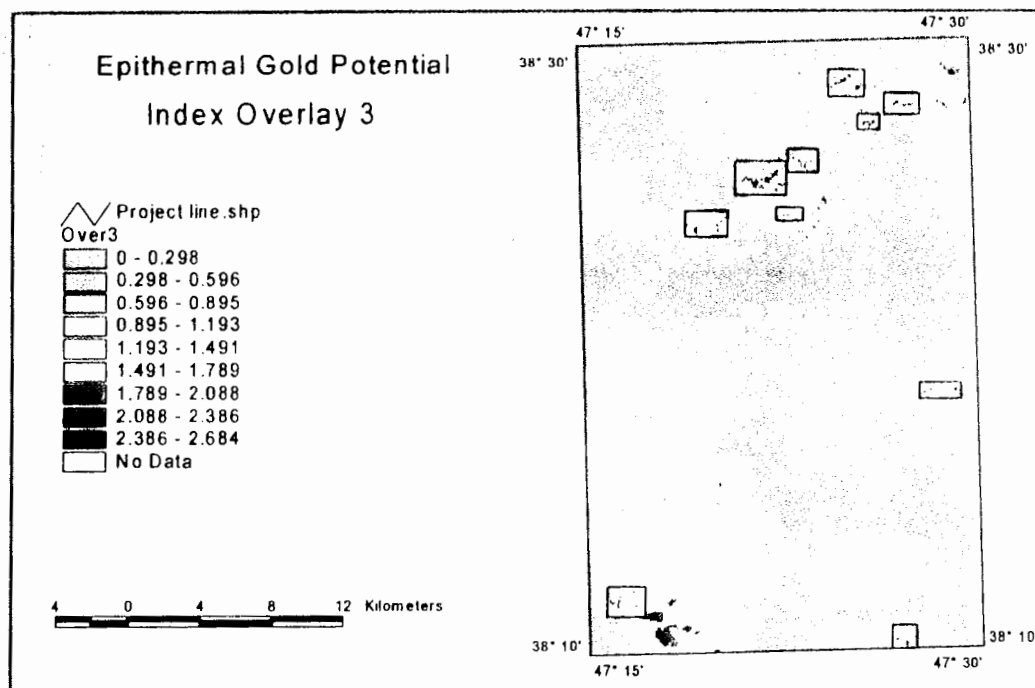
چنانکه مشاهده می‌گردد برای مدل‌سازی مناطق امید بخش کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال به روش همپوشانی شاخص ۶ مدل ارائه شده است. البته مدل‌های بیشتری در ابتدا در نظر گرفته شد ولی با توجه به مشابهت بسیاری از مدل‌ها به یکدیگر و یا وجود تفاوت‌های جزئی مدل‌ها با هم، در نهایت ۶ مدل مزبور ارائه گردید. البته مدل‌سازی‌هایی نیز با وزن‌های مختلف برای هر لایه اکتشافی تکرار و آزمایش گردید. با توجه به اینکه وزن‌ها بر اساس پارامترهای کانی‌زایی در منطقه و اهمیت‌شان انتخاب می‌گردند لذا از یک نسبت خاصی نسبت به هم برخوردار می‌باشند. لذا مدل‌های ساخته شده نیز متشابه بودند به همین خاطر وزن‌ها و مدل‌ها به همان صورت ارائه شده در این فصل در نظر گرفته شد.



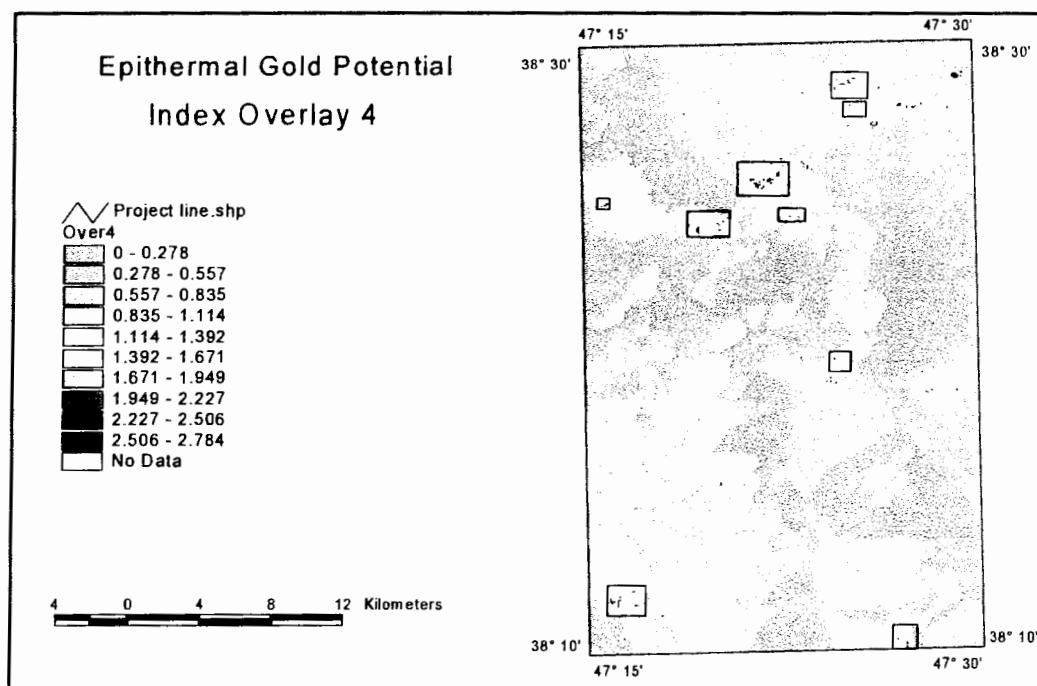
شکل (۳۰-۶): نواحی امید بخش کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال - مدل ۱



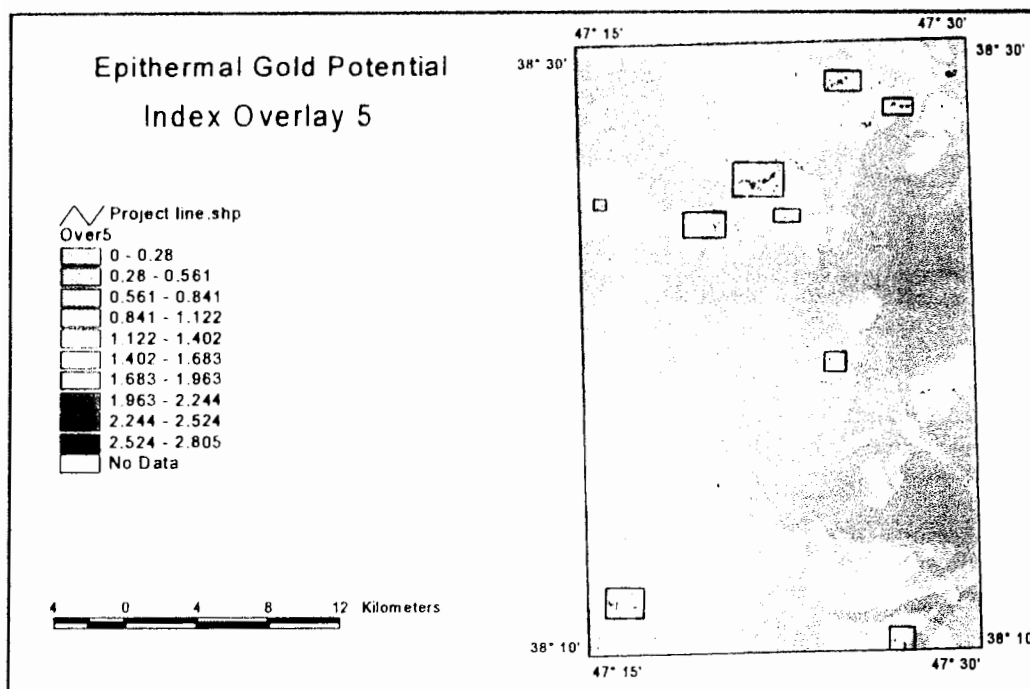
شکل (۳۱-۶): نواحی امید بخش کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال - مدل ۲



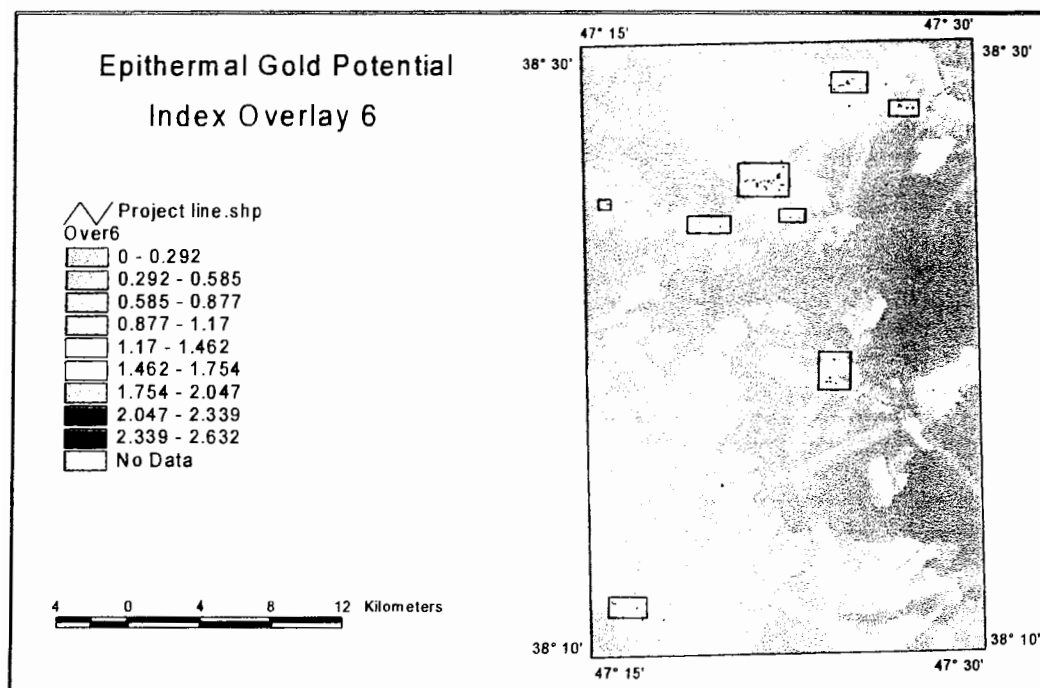
شکل (۳۲-۶): نواحی امید بخش کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال - مدل ۳



شکل (۳۳-۶): نواحی امید بخش کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال - مدل ۴



شکل (۳۴-۶): نواحی امید بخش کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال - مدل ۵



شکل (۳۵-۶): نواحی امید بخش کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال - مدل ۶

۳-۶- مدل سازی به روش منطق فازی

یکی دیگر از روش‌های ترکیب لایه‌های اطلاعاتی در GIS استفاده از منطق فازی است که از جهات مختلف شبیه روش همپوشانی شاخص می‌باشد. در این روش لایه‌های اکتشافی وزن‌هایی بین صفر و یک می‌گیرند لذا قوانین ترکیب از انعطاف بیشتری برخوردار است.

در نرم افزار ArcView جهت وزن‌دهی به لایه‌ها از منوی Spatial Data Modeller گزینه Define Fuzzy Membership مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مرحله یک ستون در جدول اطلاعاتی فایل‌های مربوطه به نام Membership تعریف و اضافه شده که شامل وزن‌های اختصاص داده شده به هر یک از کلاس‌های یک لایه اکتشافی است. در نهایت تمام لایه‌های اکتشافی با استفاده از دستور Fuzzy Logic و عملگرهای فازی با هم ترکیب و نقشه مناطق امید بخش معدنی به دست می‌آید [۱۷].

در این پایان نامه از این روش به عنوان روش مکمل و کنترل نتایج روش همپوشانی شاخص استفاده شده است.

۳-۶-۱- مدل سازی پتانسیل کانی زایی مس پورفیری

۳-۶-۱-۱- اطلاعات ژئوشیمیایی

در این روش نیز مانند روش همپوشانی شاخص از ۴ لایه آنومالی‌های ژئوشیمیایی عناصر مس، طلا، مولیبدن و نقره استفاده گردید. بعد از تبدیل لایه‌های فوق به حالت رستری، آنومالی‌های عناصر فوق بر حسب اهمیت‌شان ارزش‌دهی گردید. چنانکه به مناطق آنومالی مس ارزش ۰/۹۹، برای مناطق آنومالی طلا و مولیبدن ارزش ۰/۹ و برای مناطق آنومالی نقره وزن ۰/۸۵ اختصاص داده شد. در هر یک از لایه‌های فوق به مناطق غیر آنومال ارزش ۰/۰۱ واگذار شد.

بدین ترتیب چهار لایه ژئوشیمی جهت ترکیب با عملگرهای فازی به دست آمد.

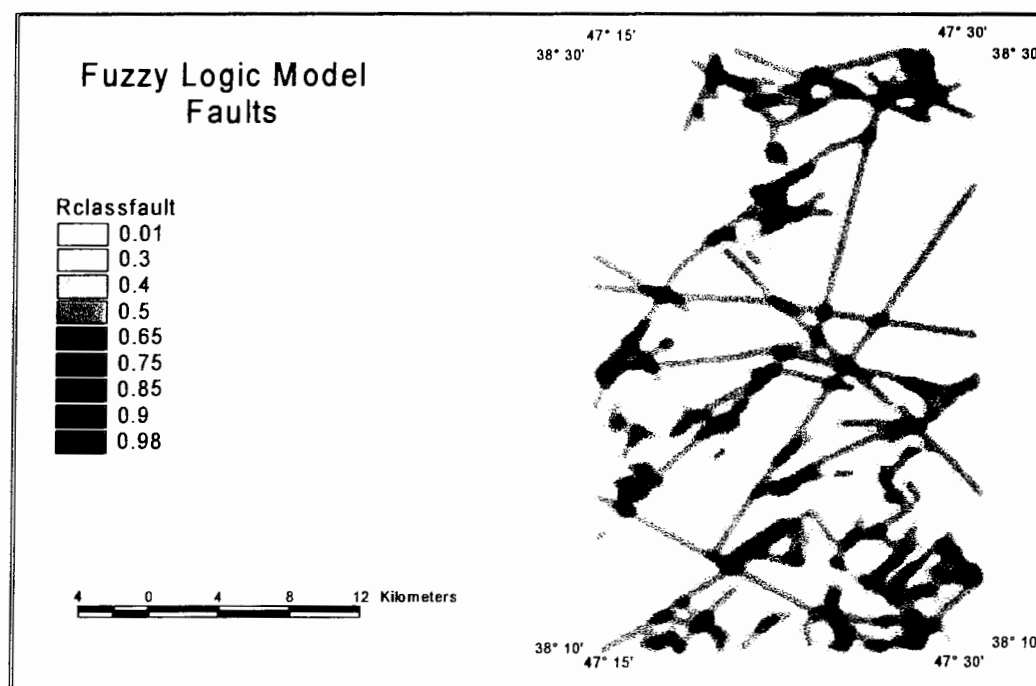
۶-۳-۱-۲- آلتراسیون‌ها

آلتراسیون‌های بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای شامل آلتراسیون‌های اکسید آهن و رسی، هر کدام به صورت لایه‌هایی با ۴ کلاس به حالت رستری تبدیل شدند. وزن‌های اختصاص داده شده به کلاس‌های آلتراسیون اکسید آهن به صورت ۰/۰۱، ۰/۰۷، ۰/۸ و ۰/۹ می‌باشد. به کلاس‌های آلتراسیون رسی وزن‌های ۰/۰۱، ۰/۰۷، ۰/۸ و ۰/۸۸ داده شد.

آلتراسیون‌های هیدروترمالی (h) استخراج شده از نقشه زمین‌شناسی نیز پس از تبدیل به حالت رستری و به صورت یک نقشه دو کلاسه ارزش دهی شد. ارزش مناطقی که شامل آلتراسیون‌های هیدروترمالی بودند، ۰/۶ و نواحی دیگر محدوده ۰/۰۱ در نظر گرفته شد.

۶-۳-۱-۳- ساختارها

جهت استفاده از لایه گسل‌ها از نقشه دانسیته خطوط گسل‌ها به شعاع ۷۰۰ متر استفاده گردید. این لایه به صورت ۹ کلاس رتبه‌بندی شد شکل (۶-۳۶).



شکل (۶-۳۶): لایه گسل‌های منطقه با ارزش‌های تعلق یافته بر اساس منطق فازی

ساختارهای حلقوی بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای بر حسب اندازه‌شان، به سه لایه تفکیک شده و هر کدام جداگانه ارزش‌دهی گردید. به ترتیب از کوچک به بزرگ وزن‌های ۰/۷، ۰/۶ و ۰/۵ به آنها واگذار شد.

سه لایه فوق و لایه گسل‌های منطقه به عنوان لایه‌های ساختاری در مدل‌سازی نهایی توسط عملگرهای فازی ترکیب می‌شوند.

۶-۳-۱-۴- سنگ‌های منشأ

همان واحدهایی که برای مدل‌سازی به روش همپوشانی شاخص انتخاب شده بودند، بعد از تبدیل به حالت رستری بر اساس منطق فازی ارزش‌دهی شدند. به مناطق دارای توده نفوذی ارزش ۰/۹۹ و به دیگر مناطق محدوده مطالعاتی ارزش ۰/۰۱ داده شد.

به واحدهای نفوذی کم عمق حاصل از داده‌های ژئوفیزیک هوایی نیز ارزش ۰/۶ واگذار گردید.

۶-۳-۱-۵- تلفیق نهایی لایه‌های اطلاعاتی به روش منطق فازی - مس پورفیری

جهت به دست آوردن نواحی امید بخش معدنی برای کانی‌زایی مس پورفیری بر اساس منطق فازی، لایه‌های اکتشافی موجود طبق عملگرهای فازی ترکیب می‌گردند. عملگرهای جمع جبری فازی، "یا" فازی و گاما نسبت به عملگرهای ضرب جبری فازی و "و" فازی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

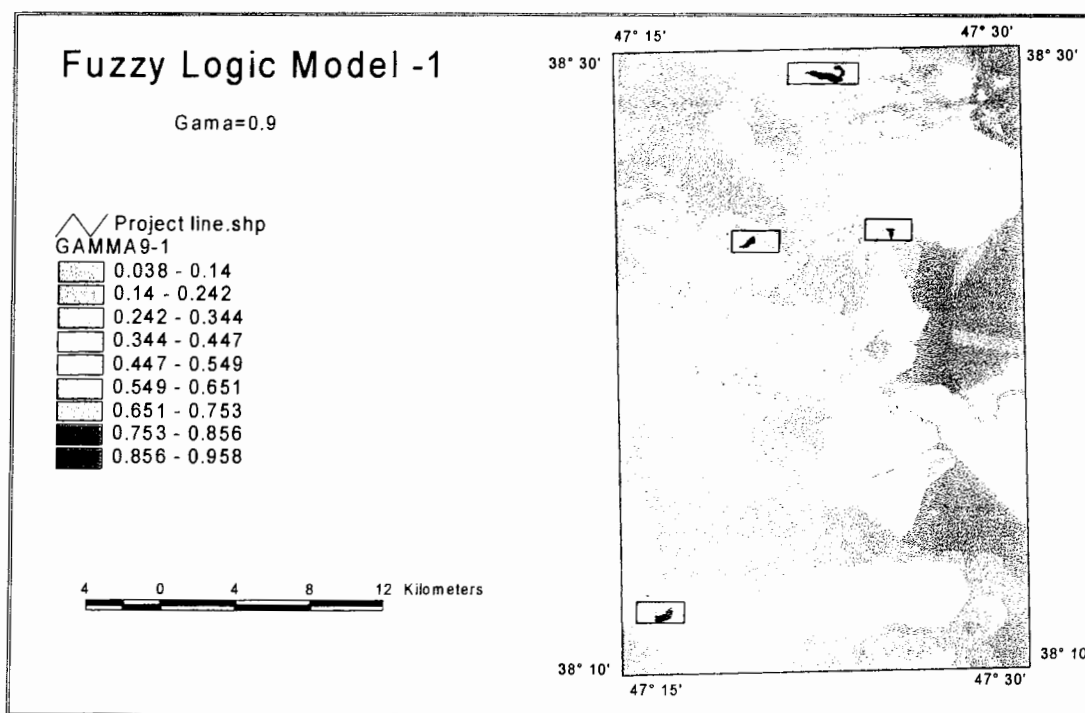
جهت مدل‌سازی، ابتدا تمام اطلاعات موجود که از یک گروه می‌باشند با هم ترکیب می‌شوند. به عنوان مثال تمام لایه‌های آنومالی ژئوشیمیایی عناصر مرتبط با کانی‌زایی با هم ترکیب می‌شوند یا تمامی لایه‌های ساختارهای حلقوی و گسل‌ها با هم ترکیب و لایه ساختاری منطقه تشکیل می‌گردد. ترکیب چنین لایه‌هایی می‌تواند توسط عملگرهای "یا" فازی، "و" فازی یا جمع جبری فازی

صورت گیرد. در نهایت تمام لایه‌های ایجاد شده با عملگر گاما که یک عملگر ترکیبی از جمع جبری و ضرب جبری است ترکیب می‌گردند.

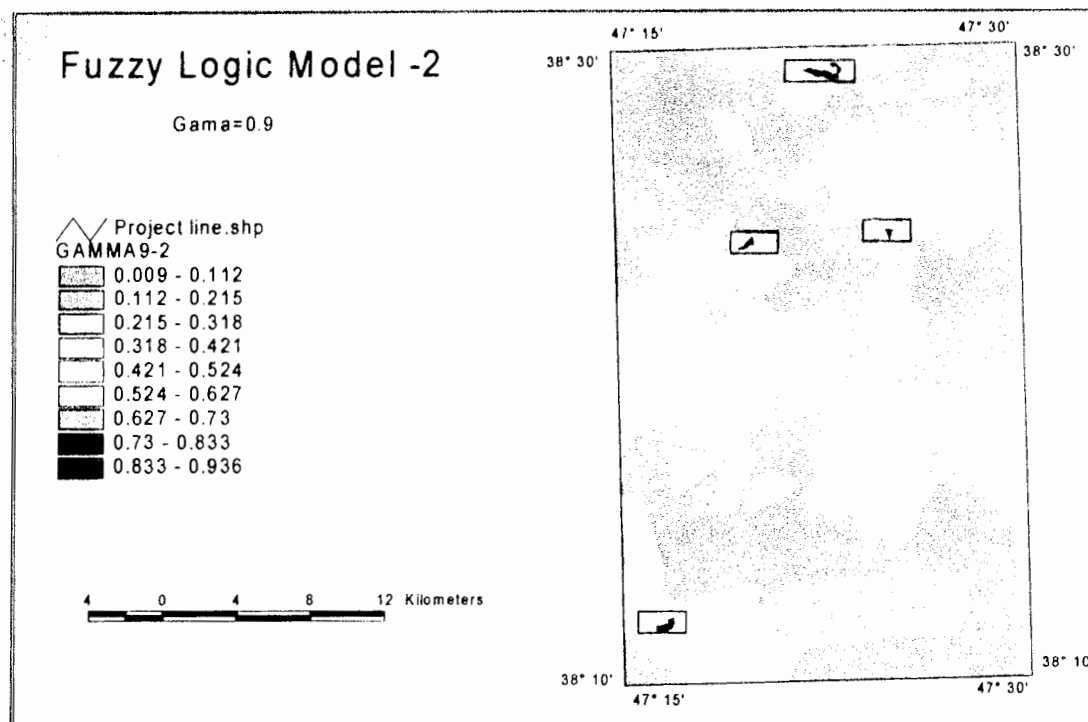
برای تهیه نقشه پتانسیل کانی‌زایی مس پورفیری در منطقه مطالعاتی چندین ترکیب و مدل سازی با اعمال عملگرهای مختلف فازی صورت گرفت. لایه نهایی حاصل از مدل‌سازی‌ها که معرف نواحی امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری می‌باشند در شکل‌های (۳۷-۶) تا (۴۳-۶) آورده شده است.

نمودار درختی مدل‌سازی‌های انجام گرفته که گویای نحوه ترکیب لایه‌های مختلف با عملگرهای فازی می‌باشد در شکل‌های (۴۴-۶) تا (۵۰-۶) نمایش داده می‌شود.

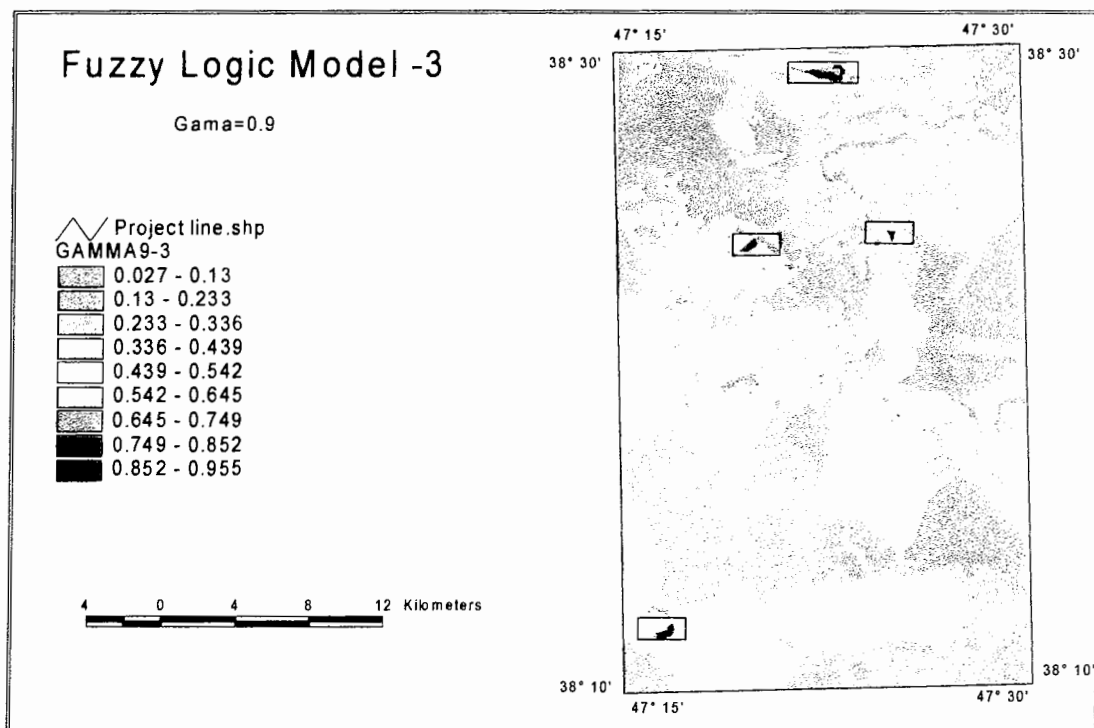
مدل سازی شماره ۴ و ۵ هر کدام دو بار انجام شده (۴a و ۴b - ۵a و ۵b) و تنها تفاوت در انتخاب مقدار گاما در ترکیب لایه‌های نهایی می‌باشد. با انتخاب $\gamma = 0.85$ ماهیت این عملگر به صورت کاهشی نمود پیدا کرده و مناطق امید بخش محدودتر می‌گردد (شکل‌های (۴۰-۶) تا (۴۳-۶)). البته انتخاب مقادیر کمتر گاما از حد خاصی باعث محو شدن نقاط آنومالی می‌شود.



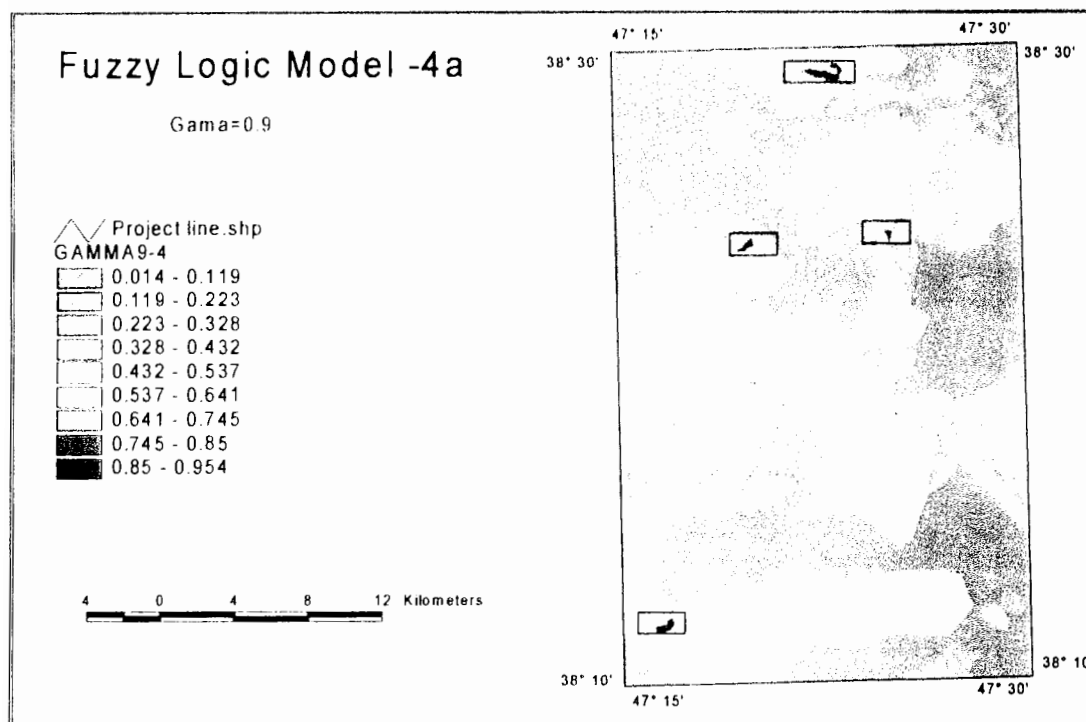
شکل (۳۷-۶): نواحی امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری - مدل ۱



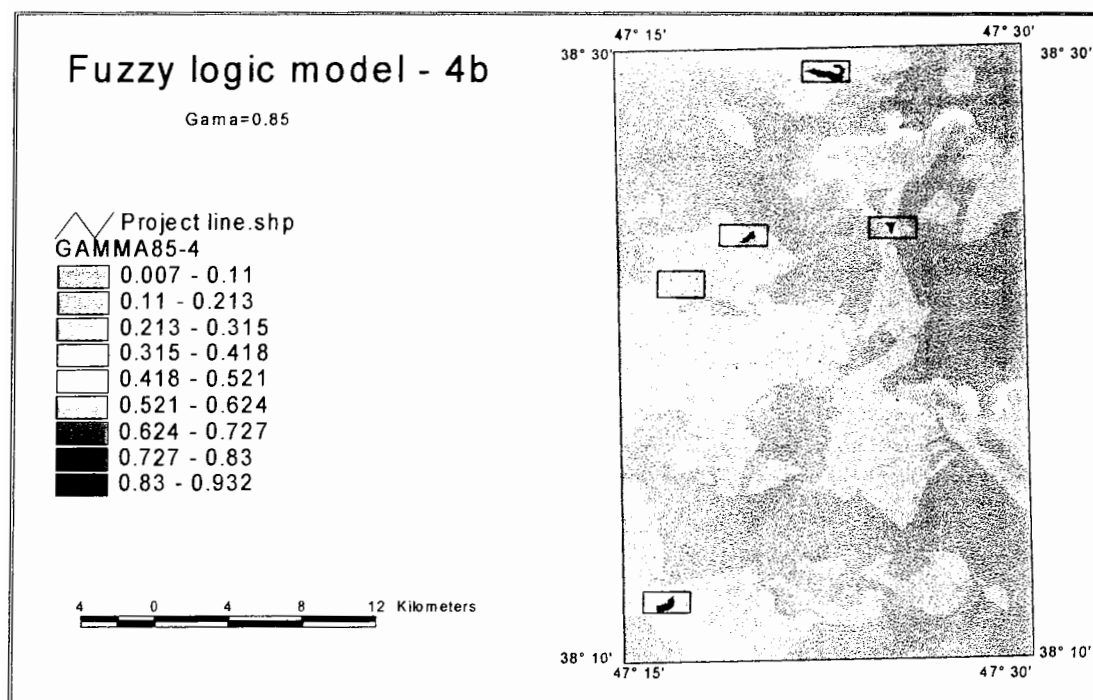
شکل (۳۸-۶): نواحی امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری - مدل ۲



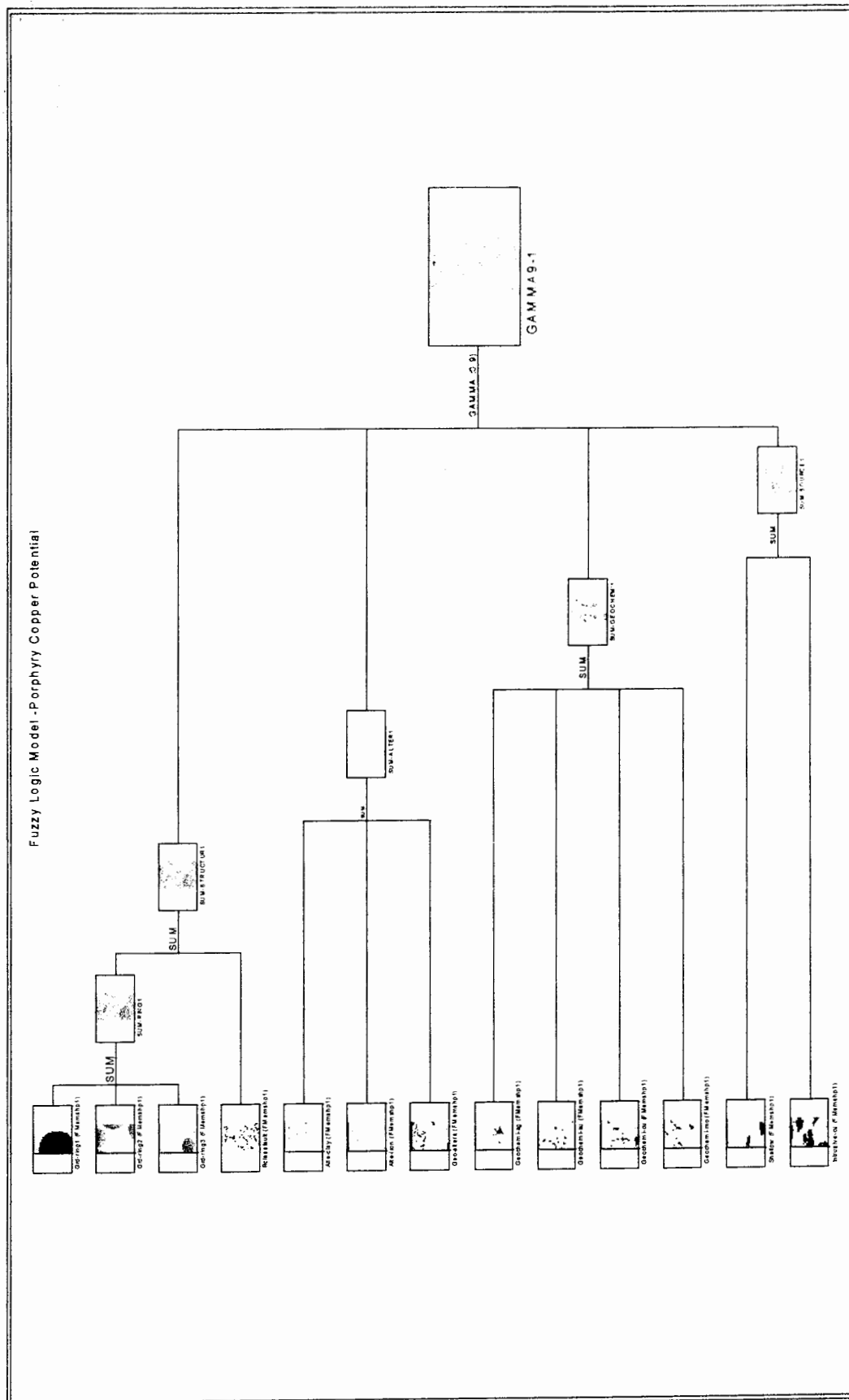
شکل (۳۹-۶): نواحی امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری - مدل ۳



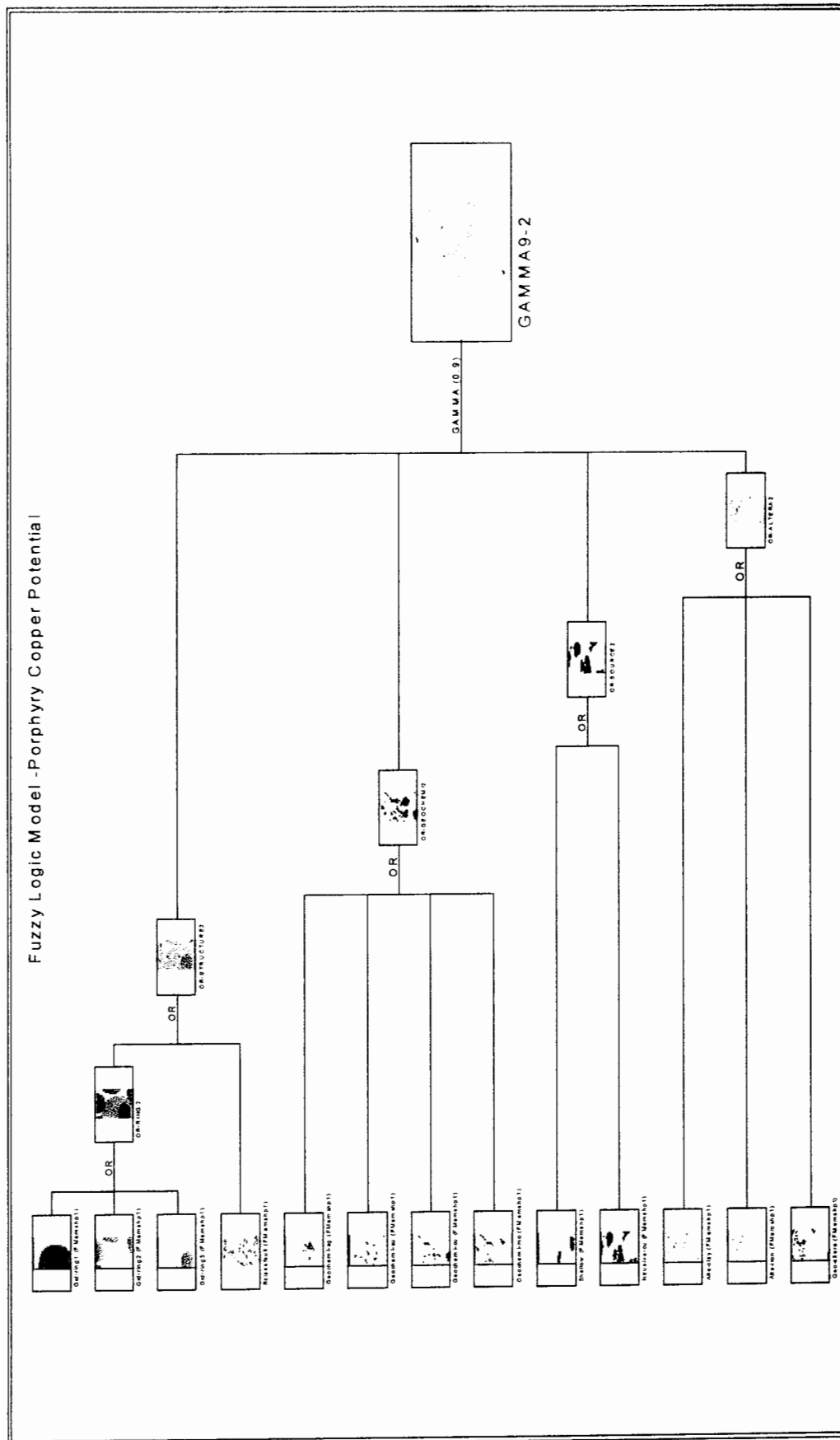
شکل (۴۰-۶): نواحی امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری - مدل ۴a



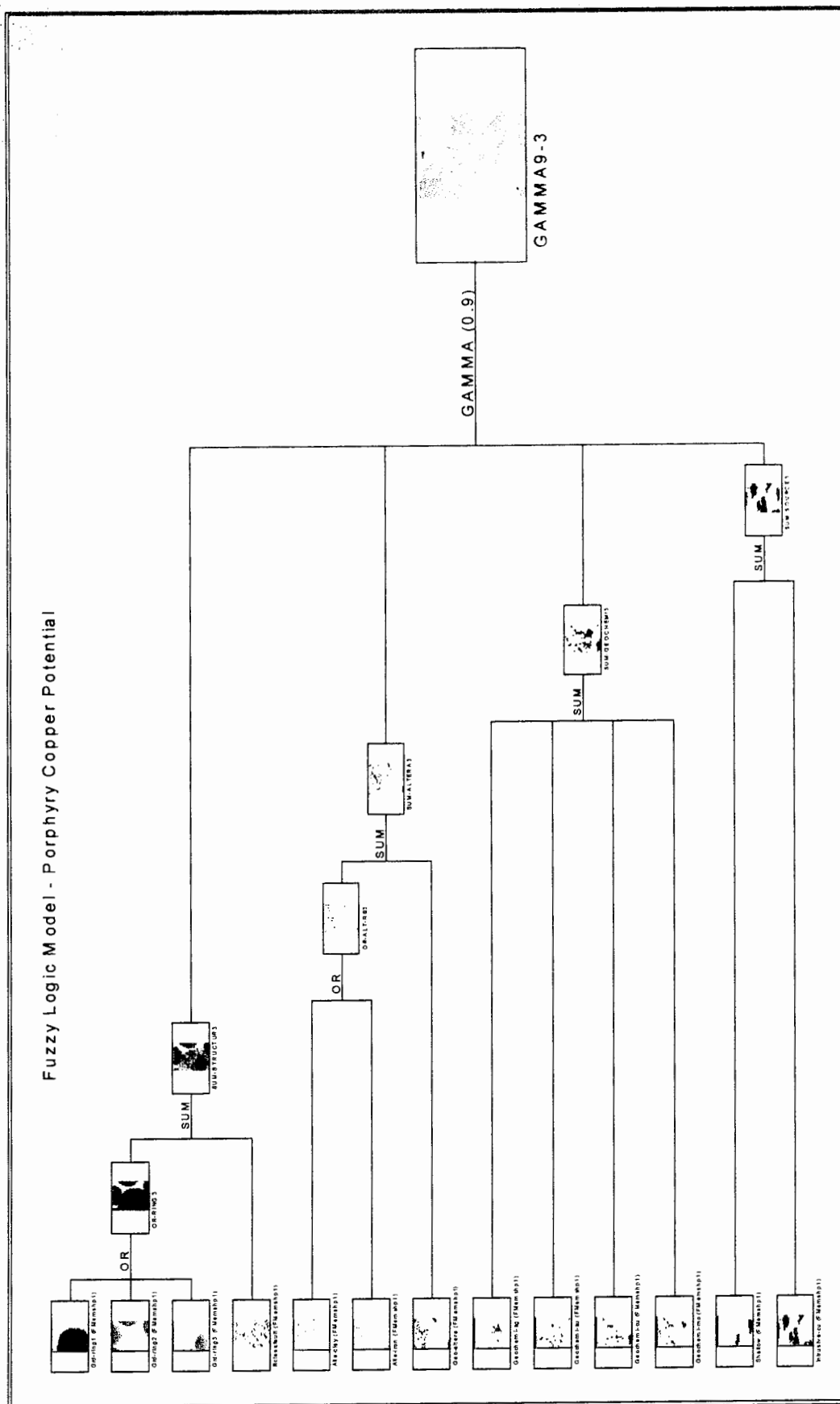
شکل (۴۱-۶): نواحی امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری - مدل ۴b



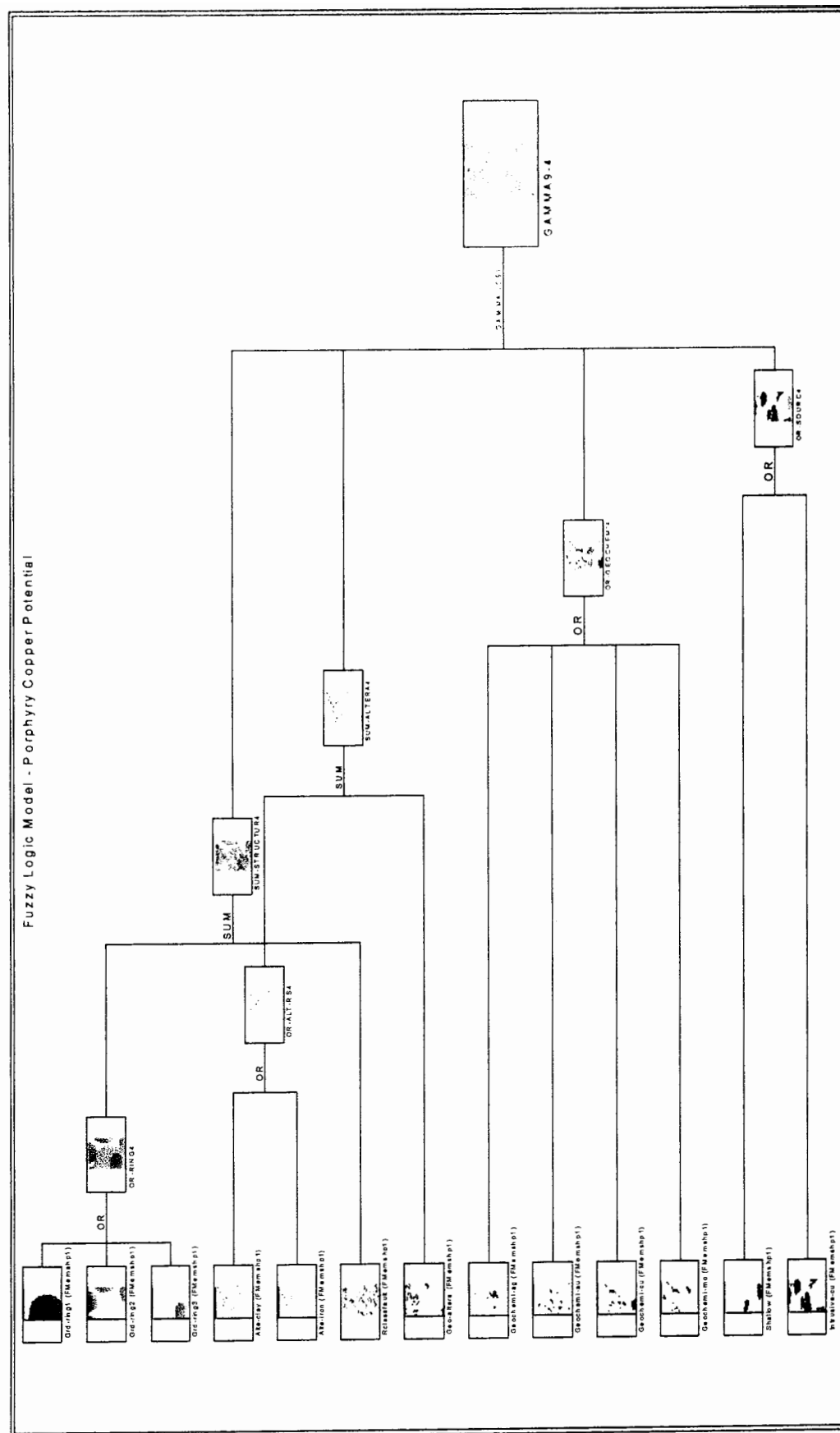
شکل (۴-۶): نمودار درختی ترکیب و مدل سازی لایه های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۱



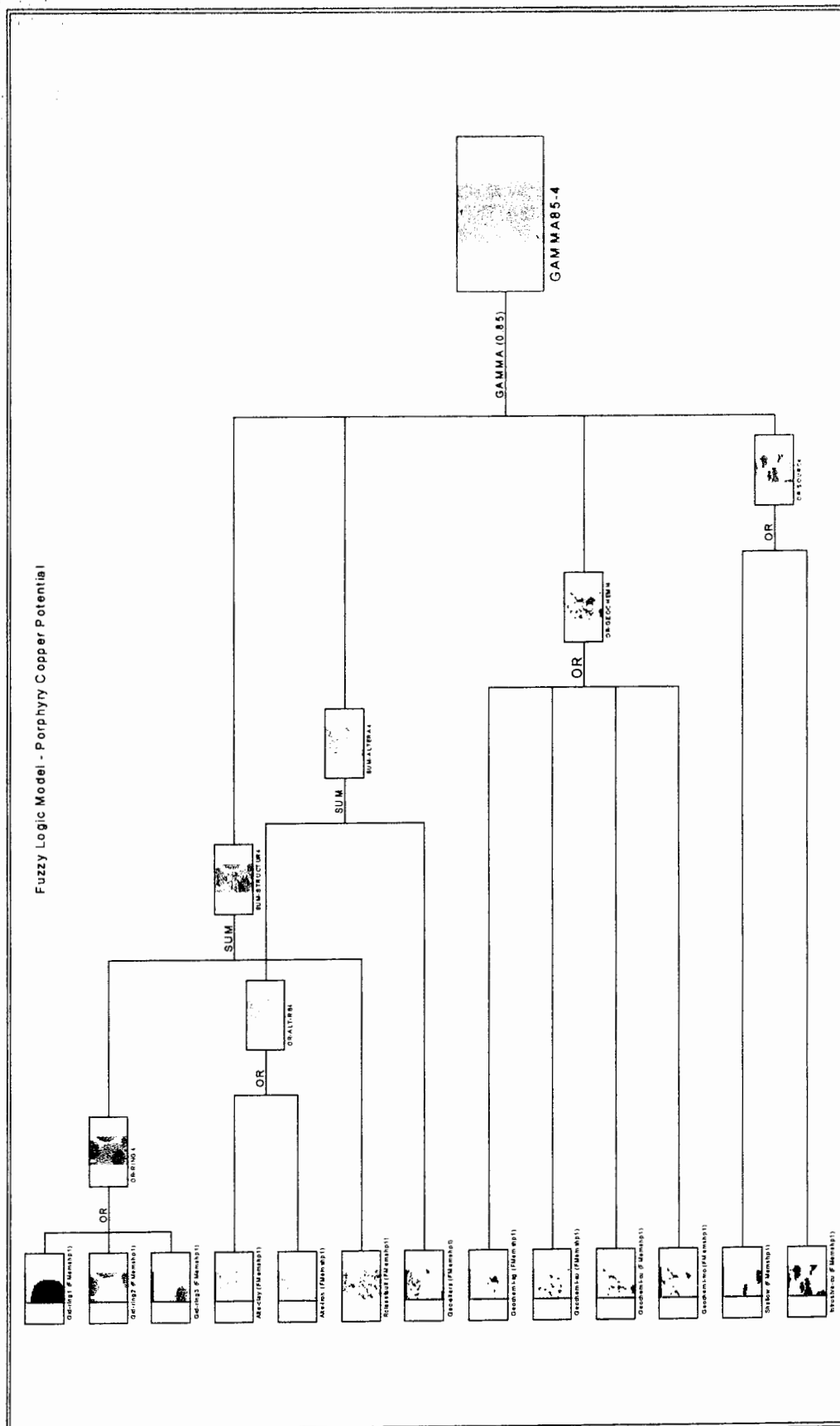
شکل (۴۵-۶): نمودار درختی ترکیب و مدل سازی لایه های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۲



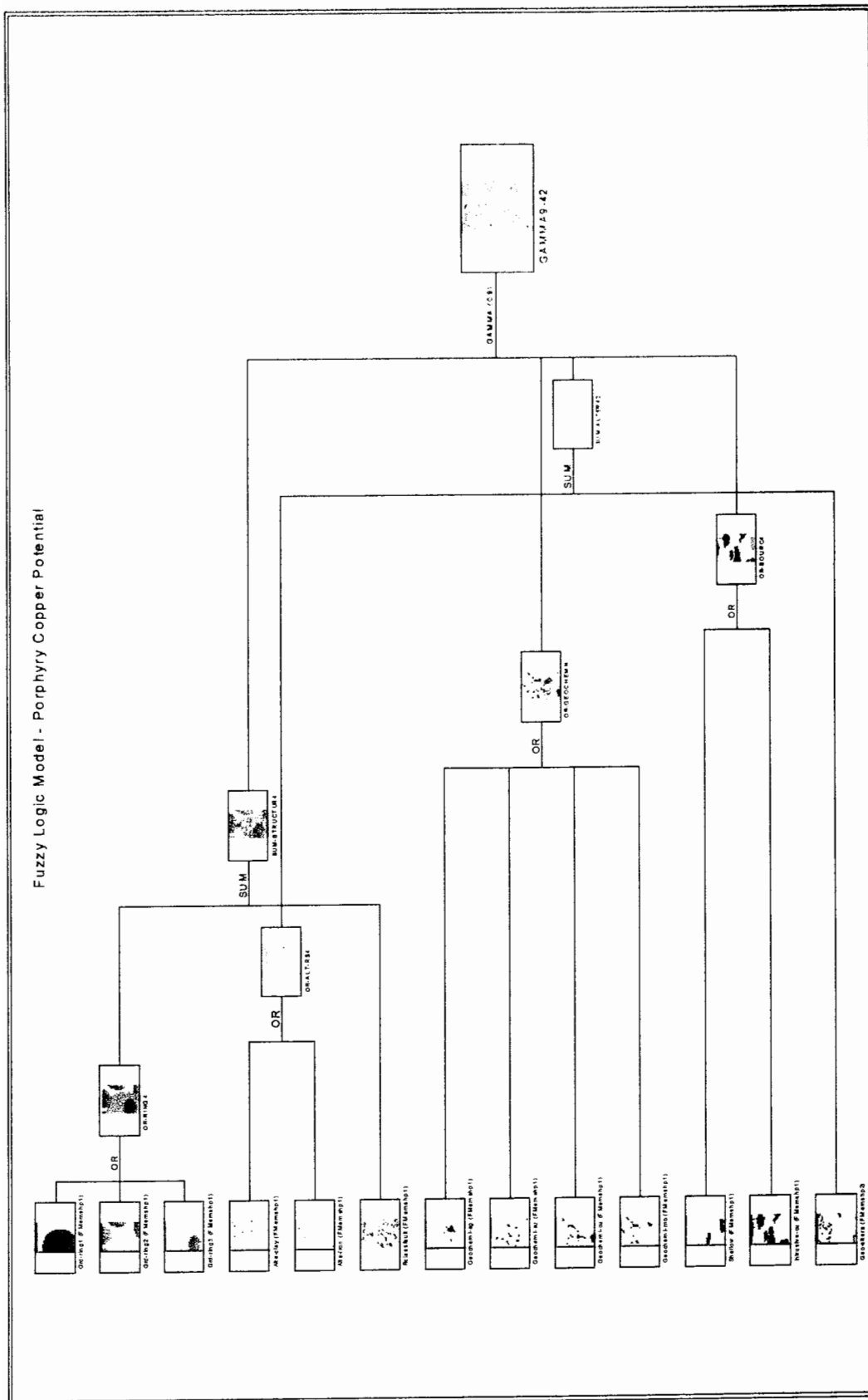
شکل (۴۶-۶): نمودار درختی ترکیب و مدل سازی لایه های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۳



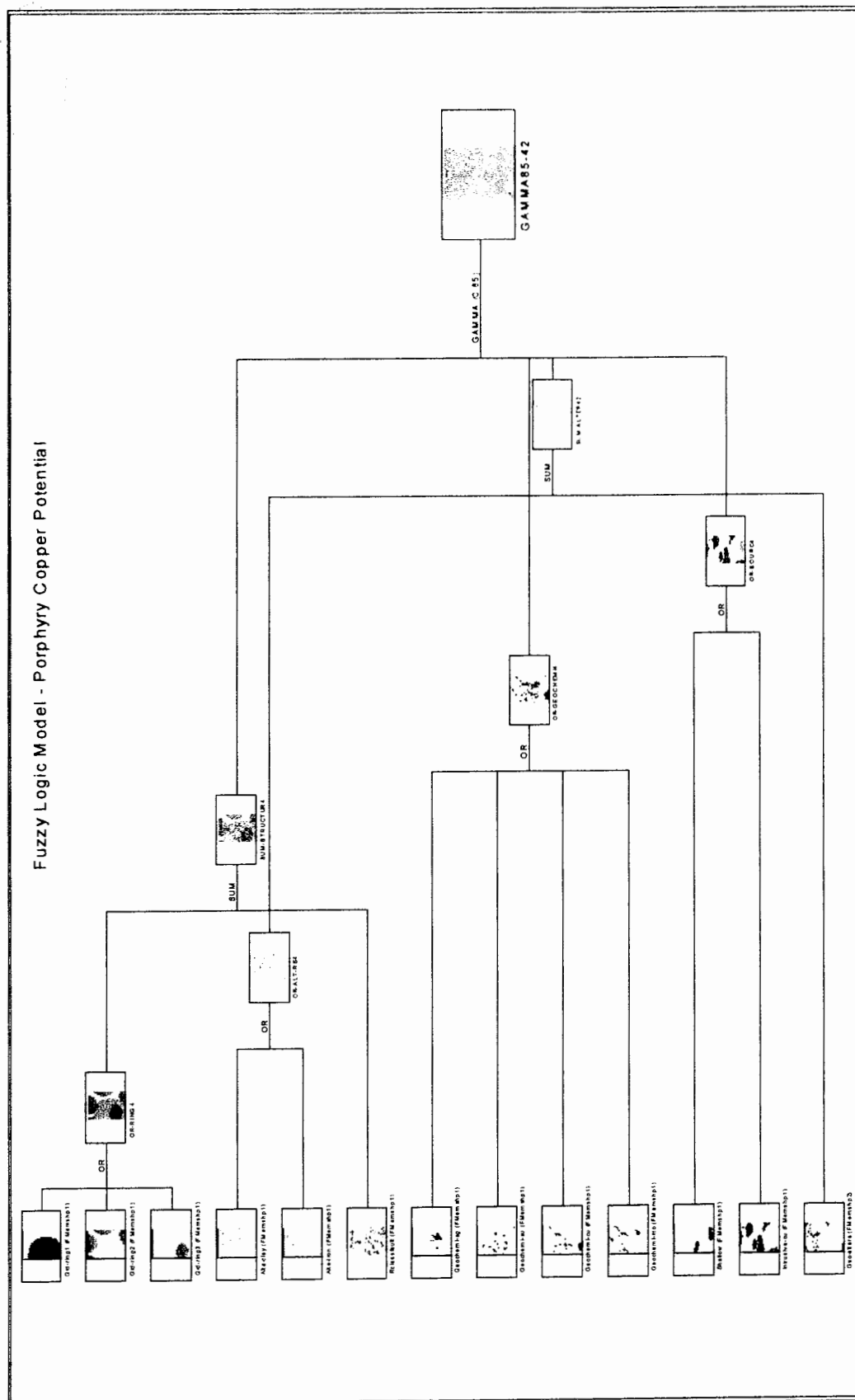
شکل (۴۷-۶): نمودار درختی ترکیب و مدل سازی لایه های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۴a



شکل (۴۸-۶): نمودار درختی ترکیب و مدل سازی لایه های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۴b



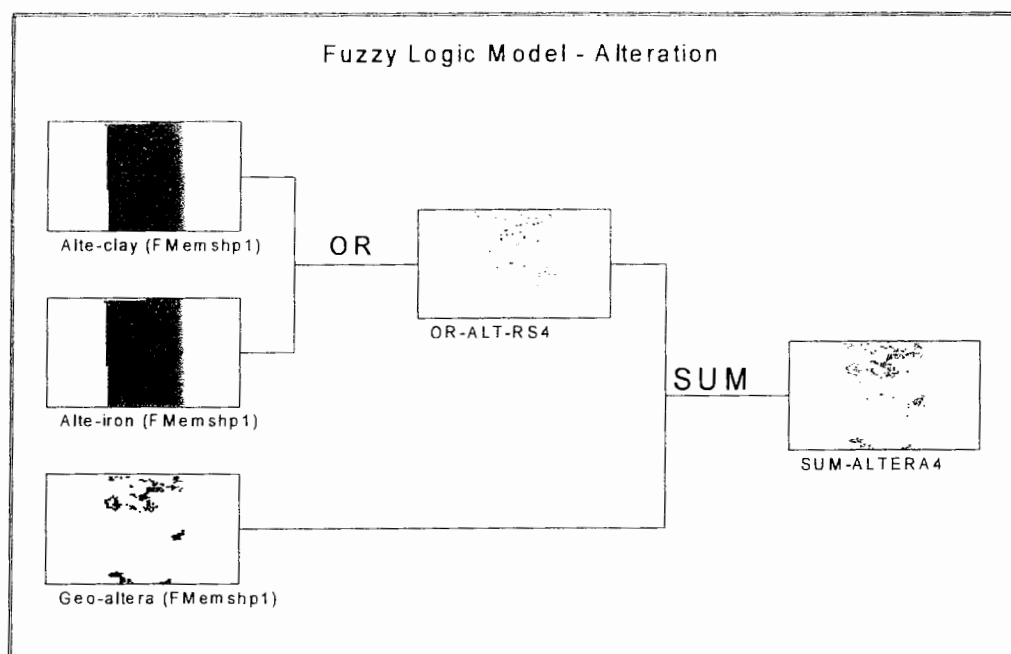
شکل (۴۹-۶): نمودار درختی ترکیب و مدل سازی لایه های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۵a



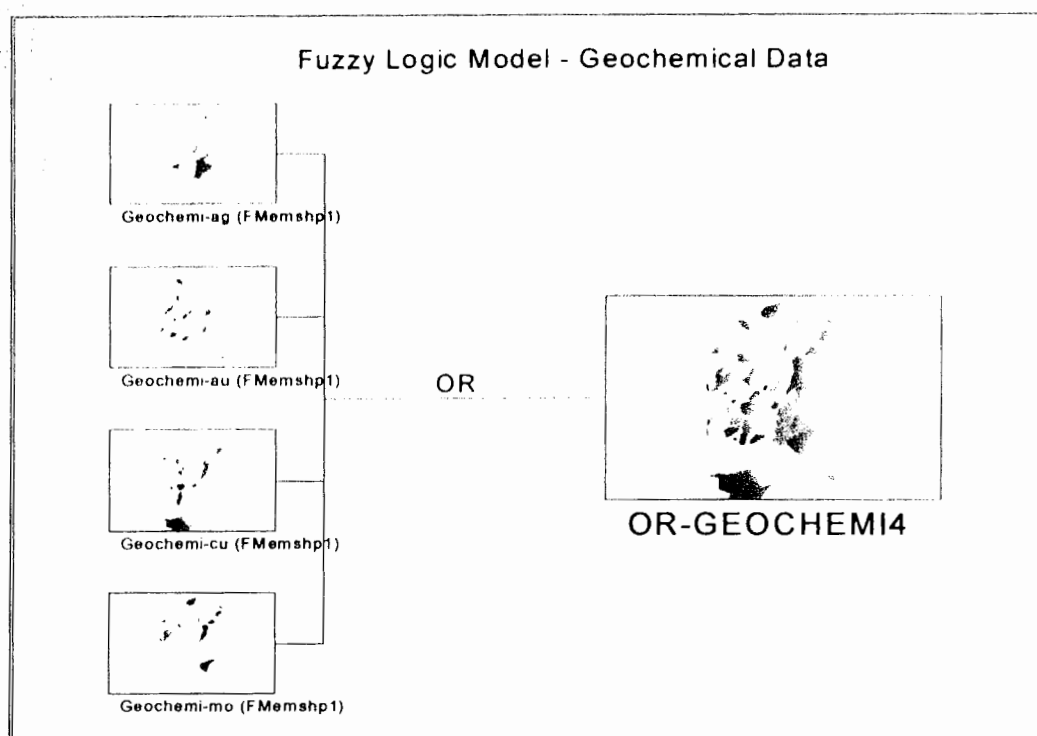
شکل (۵۰-۶): نمودار درختی ترکیب و مدل سازی لایه های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۵b

چنانکه در شکل‌های (۳۷-۶) تا (۴۳-۶) به عنوان نواحی مدل‌سازی شده و امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری دیده می‌شود، مناطق معرفی شده جهت کانی‌زایی تقریباً مشابه می‌باشند. کنترل نتایج حاصل از مدل‌سازی با منطق فازی و همپوشانی شاخص همدیگر را تایید می‌کنند.

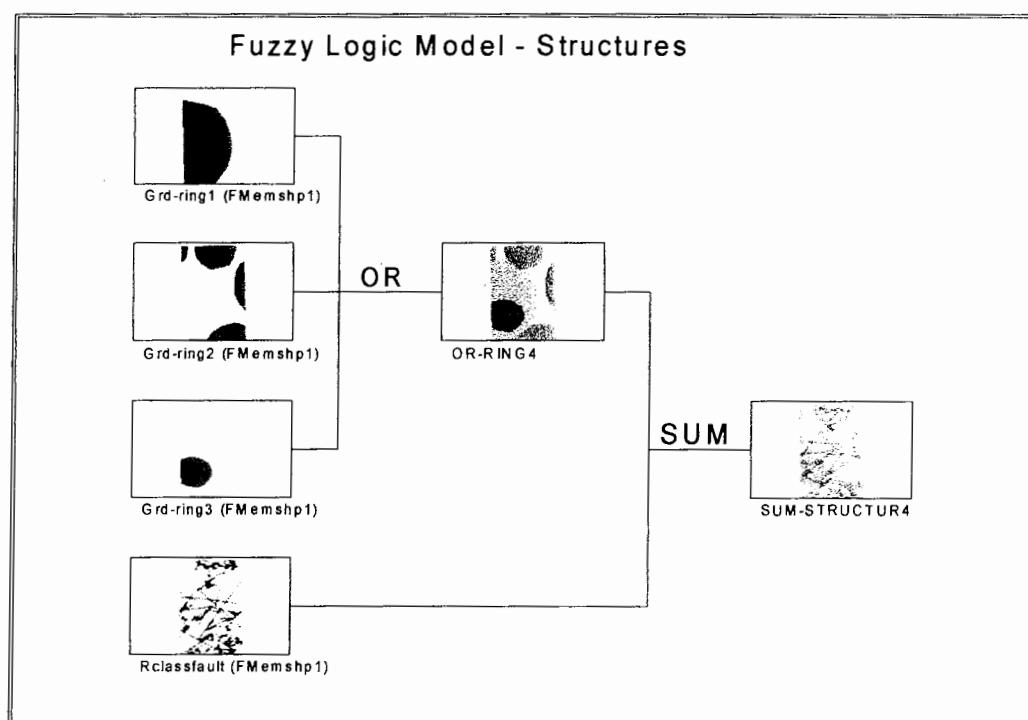
چگونگی تلفیق داده‌های اکتشافی با عملگرهای فازی در شکل‌های (۵۱-۶) تا (۵۴-۶) برای مدل‌سازی شماره ۴ نشان داده شده است. شکل‌های مزبور همان تفکیک شده نمودار درختی مربوط به مدل‌سازی شماره ۴ می‌باشد. در نهایت چهار لایه بدست آمده در شکل‌های (۵۱-۶) تا (۵۴-۶) که شامل لایه‌های آلتراسیون‌ها، ژئوشیمی، ساختارها و سنگ‌های منشأ می‌باشند با عملگر گاما ترکیب و نقشه نواحی پتانسیل دار معدنی به دست آمد (شکل (۵۵-۶)).



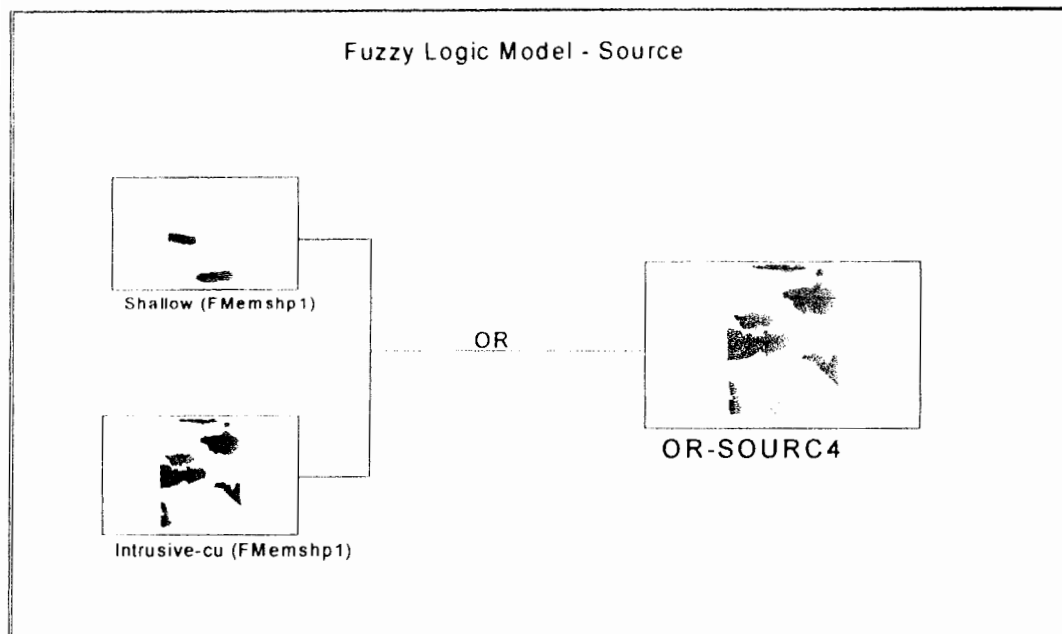
شکل (۵۱-۶): ترکیب لایه‌های آلتراسیون با استفاده از منطق فازی - مدل ۴



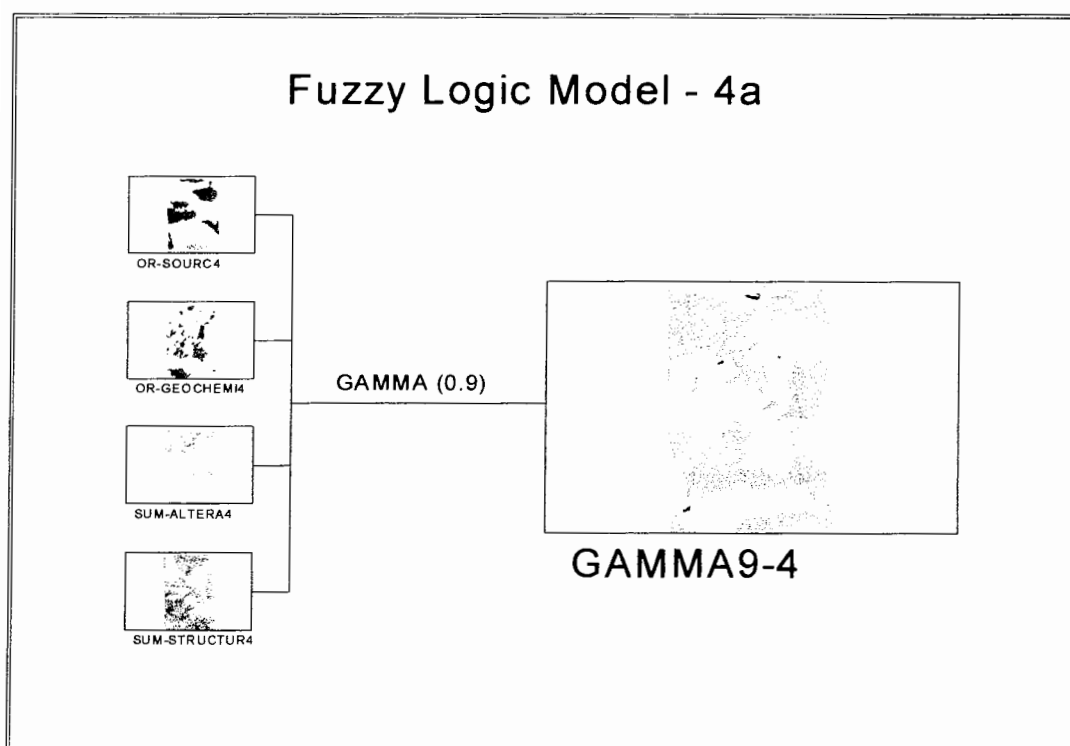
شکل (۵۲-۶): ترکیب لایه های ژئوشیمی با استفاده از منطق فازی - مدل ۴



شکل (۵۳-۶): ترکیب لایه های ساختاری با استفاده از منطق فازی - مدل ۴



شکل (۵۴-۶): ترکیب لایه های منشأ با استفاده از منطق فازی - مدل ۴



شکل (۵۵-۶): ترکیب نهایی لایه های اکتشافی با استفاده از منطق فازی - مدل ۴

۶-۳-۲- مدل سازی پتانسیل کانی زایی طلای اپی ترمال

۶-۳-۲-۱- اطلاعات ژئوشیمیایی

لایه‌های ژئوشیمیایی مربوط به آنومالی‌های عناصر طلا، مس، نقره، آرسنیک و آنتیموان همچون روش همپوشانی شاخص جهت مدل‌سازی کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال انتخاب گردید. مناطق آنومال بر اساس منطق فازی به ترتیب اهمیت‌شان ارزش‌دهی شد به طوری که برای محدوده‌های آنومالی طلا با توجه به اهمیت و هدف اکتشافی ارزش ۰/۹ و محدوده‌های آنومالی مس، آرسنیک، نقره، آنتیموان ارزش ۰/۸ داده شد.

۶-۳-۲-۲- آلتراسیون‌ها

آلتراسیون‌های رسی حاصل از مطالعات دورسنجی در ۴ کلاس به ترتیب با وزن‌های ۰/۹۹، ۰/۹۷، ۰/۹۵ و ۰/۰۱ و مناطق آلتراسیونی اکسید آهن نیز در ۴ کلاس با وزن‌های ۰/۹۵، ۰/۹۰، ۰/۸۵ و ۰/۰۱ ارزش‌دهی گردید.

لازم به ذکر است در این مدل‌سازی مناطق آلتراسیونی موجود بر روی نقشه زمین‌شناسی در گروه سنگ‌های میزبان آورده شده است. لذا در این گروه از تکرار آنها خودداری شده است.

۶-۳-۲-۳- ساختارها

چنانکه در روش همپوشانی شاخص اشاره شد، لایه گسل‌های منطقه با جهت گسلش متفاوت بر اساس اهمیت‌شان در کانه‌زایی به ۳ دسته تقسیم شدند. هر یک از لایه‌های فوق تا ۶۰۰ متر به صورت سه کلاس ۲۰۰ متری بافر گردید. به طوری که هر لایه دارای ۴ کلاس می‌باشد. ارزش‌دهی لایه گسل‌های منطقه بر اساس جدول (۶-۱) صورت گرفت.

جدول (۶-۱): جدول ارزش دهی و بافر سه گروه گسل ها در کانی زایی طلای اپی ترمال

ارزش داده شده	میزان بافر	نوع گسل ها
۰/۹۵	۰ - ۲۰۰	NW- SE
۰/۹۰	۲۰۰ - ۴۰۰	
۰/۸۵	۴۰۰ - ۶۰۰	
۰/۰۱	>۶۰۰	
۰/۹۰	۰ - ۲۰۰	NE-SW
۰/۸۰	۲۰۰ - ۴۰۰	
۰/۷۰	۴۰۰ - ۶۰۰	
۰/۰۱	>۶۰۰	
۰/۷۵	۰ - ۲۰۰	W-E
۰/۶۵	۲۰۰ - ۴۰۰	
۰/۶۰	۴۰۰ - ۶۰۰	
۰/۰۱	>۶۰۰	

ساختارهای حلقوی بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای نیز که به صورت سه فایل مجزا تفکیک شده بودند، به ترتیب ابعاد از کوچک به بزرگ ارزش های ۰/۵، ۰/۴ و ۰/۳ اختصاص داده شد.

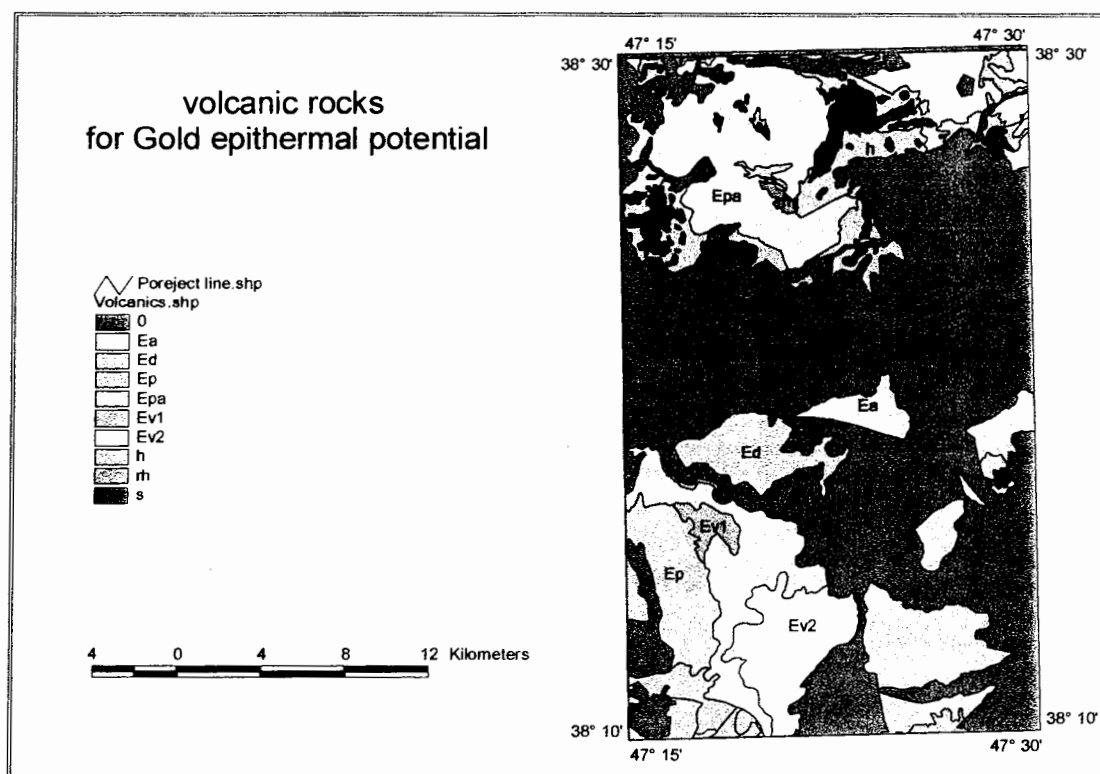
۶-۳-۲-۴- سنگ های منشأ و میزبان

واحدهای نفوذی gr^a و gr^k که شامل مونزوگرانیت، گرانودیوریت، گرانیت، بیوتیت گرانیت و مونزونیت می‌باشند، به ترتیب با ارزش های ۰/۸۵ و ۰/۸۰ به عنوان سنگ‌های منشأ و منبع حرارتی انتخاب و وزن دهی شدند. توده‌های نفوذی کم عمق حاصل از اطلاعات ژئوفیزیکی نیز با امتیاز ۰/۳ مشخص گردید.

واحدهای ولکانیکی منطقه به عنوان سنگ‌های میزبان کانی‌زایی طبق شکل (۶-۵۶) انتخاب گردید. واحدهای انتخاب شده دارای ترکیبی شامل آندزیت، ریولیت، ریوداسیت و داسیت می‌باشند. واحدهای زمین شناسی آلترو شده هیدروترمالی و سیلیسی هم در این قسمت به عنوان سنگ‌های میزبان با ارزش بالاتر مورد استفاده قرار گرفت. واحدهای ولکانیکی طبق جدول (۶-۲) بر اساس منطق فازی ارزش دهی شدند.

جدول (۶-۲): جدول ارزش دهی سنگ های میزبان در کانی زایی طلای اپی ترمال

ارزش داده شده	علامت اختصاری	نام واحدهای سنگی
۰/۹۸	s	آندزیت های سیلیسی شده
۰/۹۵	h	آلتراسیون هیدروترمال
۰/۹	rh	ریولیت
۰/۸۵	Epa	آندزیت به همراه گنیدهای ریوداسیتی
۰/۸	Ea	آندزیت، تراکی آندزیت پورفیری
۰/۸	Ed	توف داسیتی تا ریوداسیتی
۰/۸	Ep	توف برشی و تراکی آندزیت
۰/۸	Ev1	لاوهای آندزیتی و داسیتی
۰/۸	Ev2	لاوهای آندزیتی و داسیتی
۰/۰۱	-	دیگر واحدهای منطقه

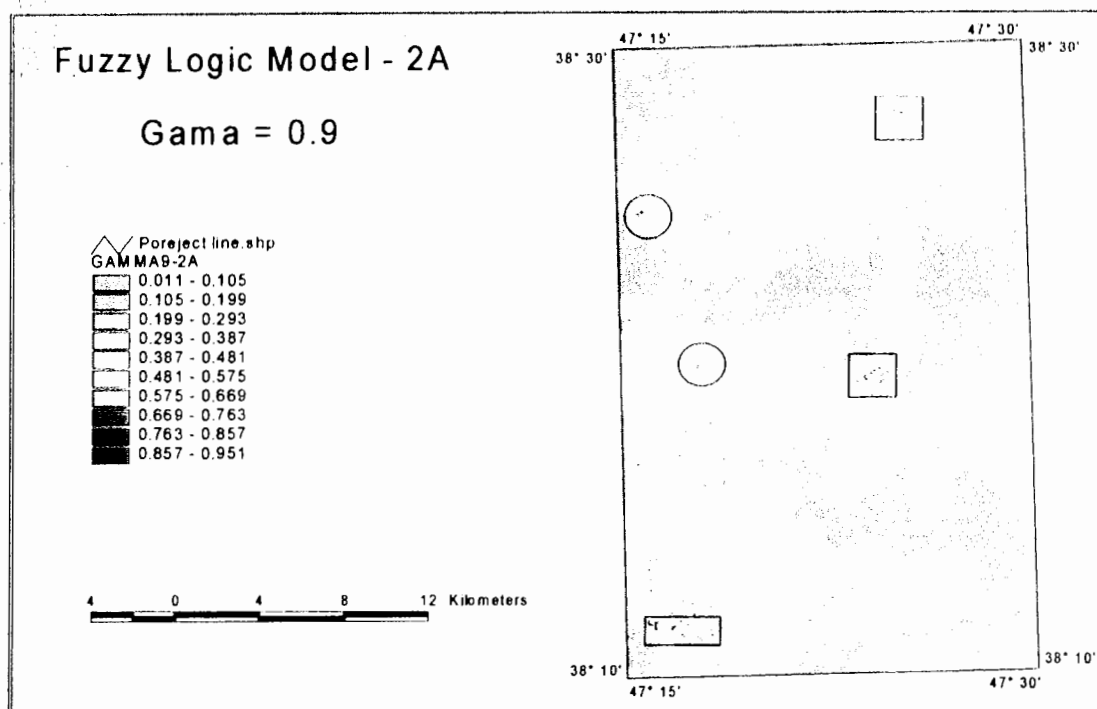


شکل (۶-۵): واحدهای ولکانیکی انتخاب شده جهت مدل سازی طلای اپی ترمال

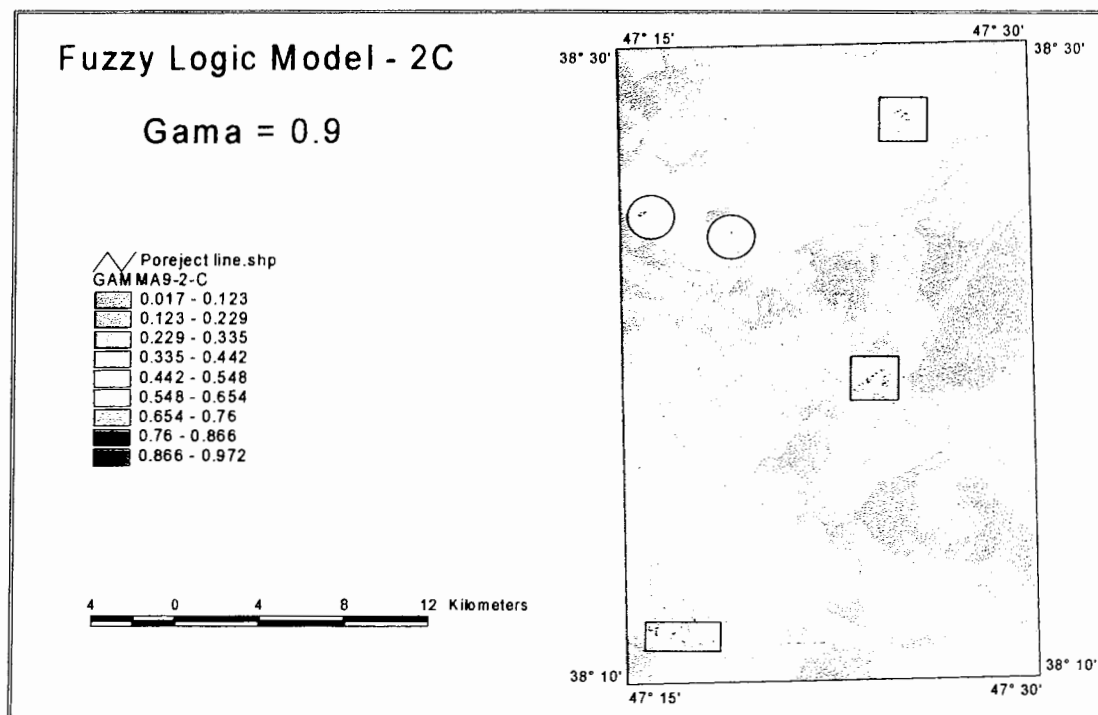
۶-۳-۵- تلفیق نهایی لایه‌های اطلاعاتی به روش منطق فازی - طلای اپی ترمال

جهت به دست آوردن نواحی امید بخش معدنی برای کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال، لایه‌های اکتشافی بدست آمده در مراحل قبل با عملگرهای فازی تلفیق گردید.

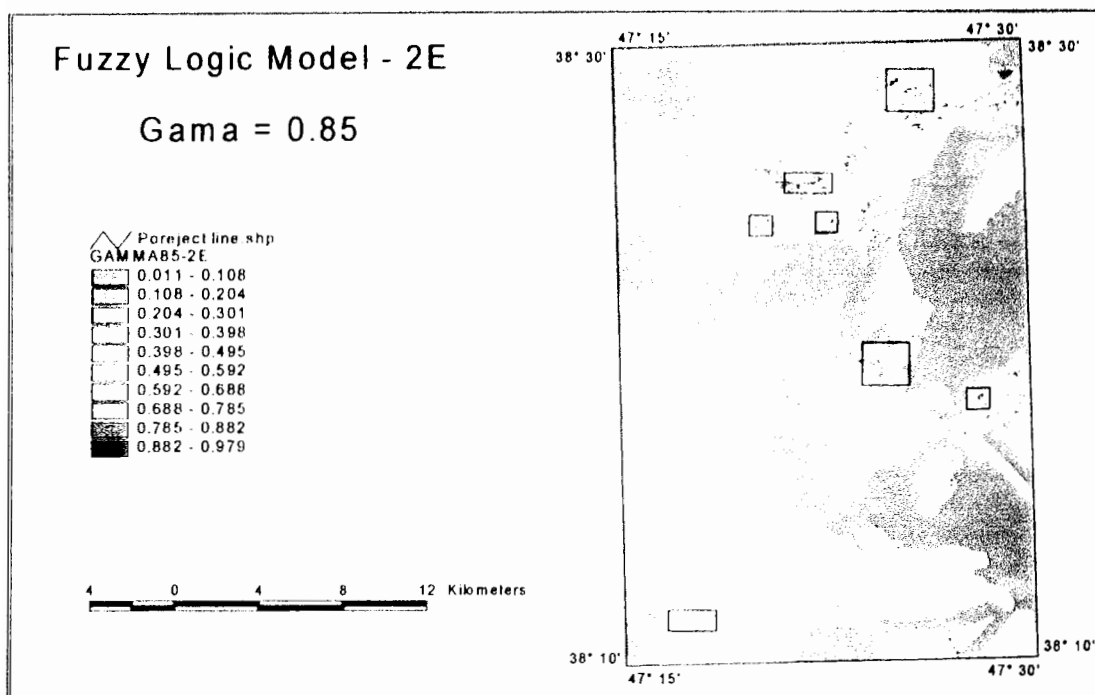
برای کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال نیز چندین ترکیب و مدل‌سازی با اعمال عملگرهای مختلف صورت گرفت. شکل‌های (۶-۵۷) تا (۶-۶۰) نواحی امید بخش حاصل از این مدل‌سازی‌ها را نشان می‌دهند. نمودار درختی مدل‌سازی‌های انجام گرفته که چگونگی ترکیب لایه‌های مختلف با عملگرهای فازی را نشان می‌دهد، در شکل‌های (۶-۶۱) تا (۶-۶۴) آورده شده است.



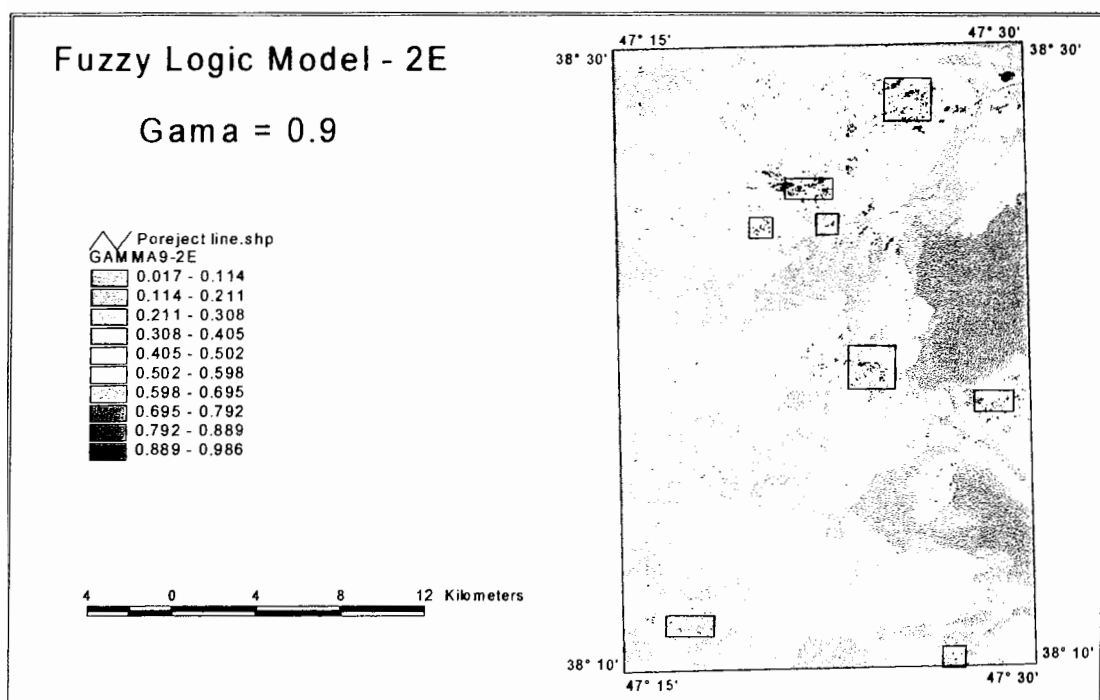
شکل (۵۷-۶): نواحی امید بخش کنای زایی طلای اپی ترمال - مدل ۱



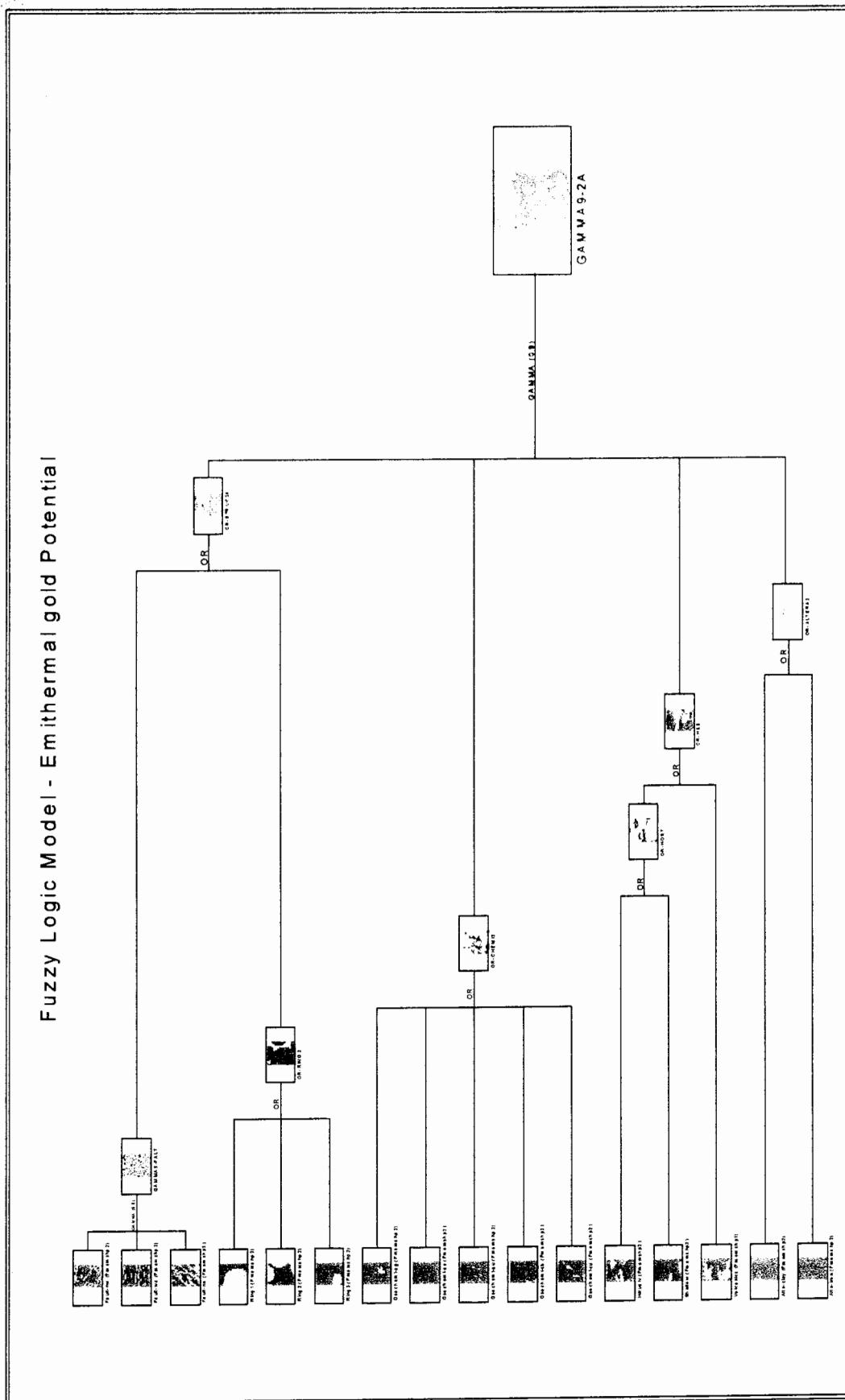
شکل (۵۸-۶): نواحی امید بخش کنای زایی طلای اپی ترمال - مدل ۲



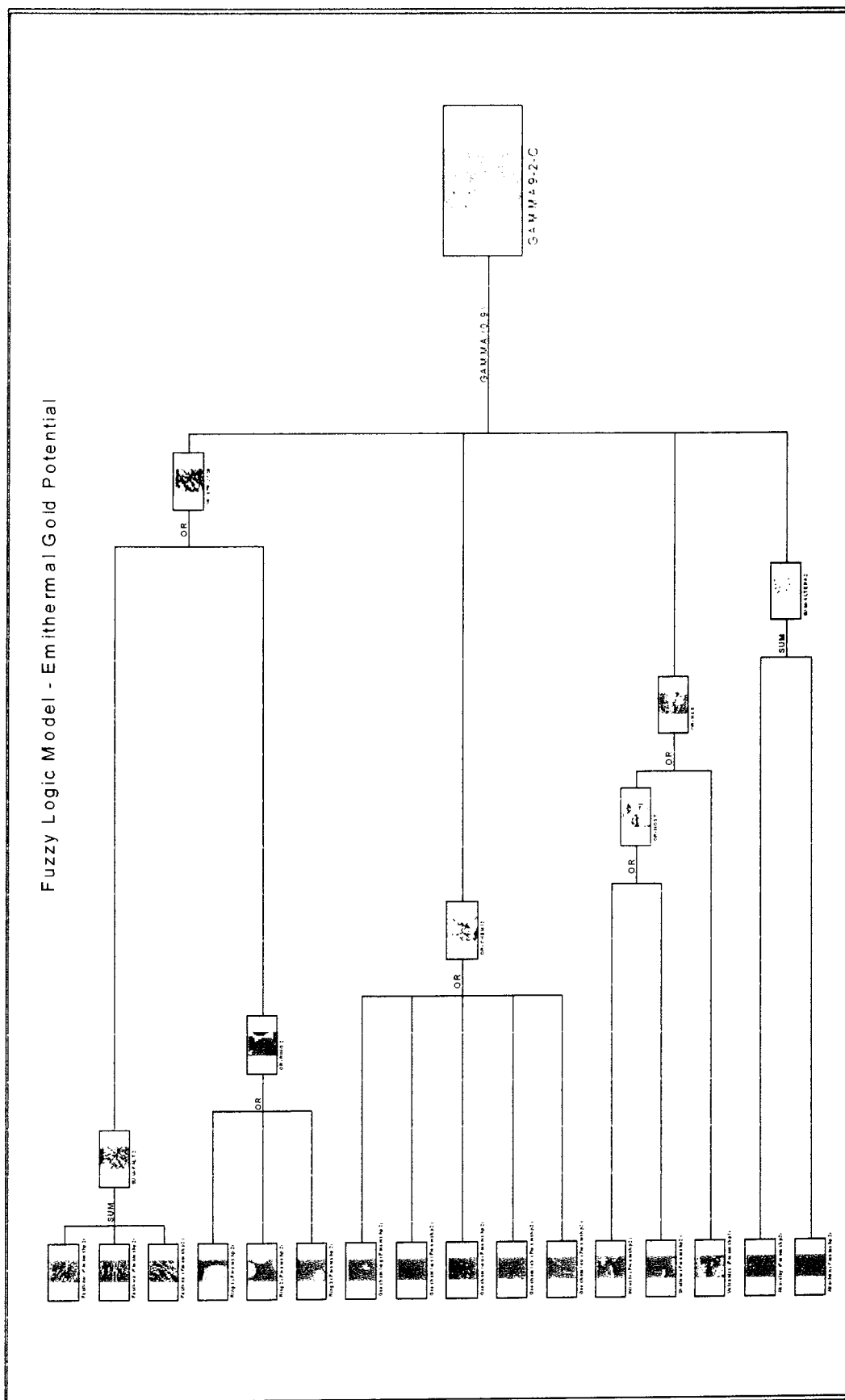
شکل (۶-۵۹): نواحی امید بخش کنای زایی طلای ایی ترمال - مدل ۳



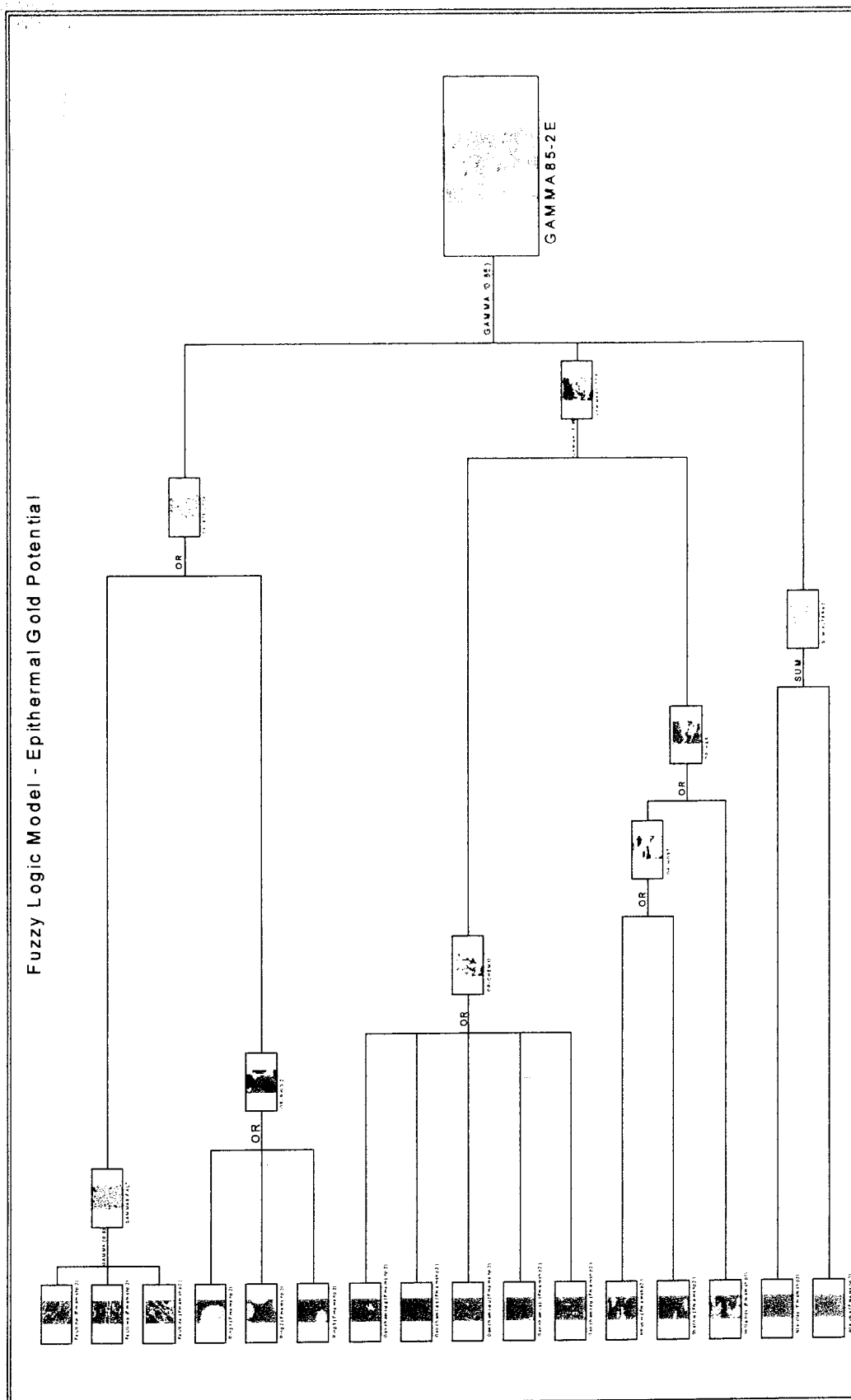
شکل (۶-۶۰): نواحی امید بخش کنای زایی طلای ایی ترمال - مدل ۴



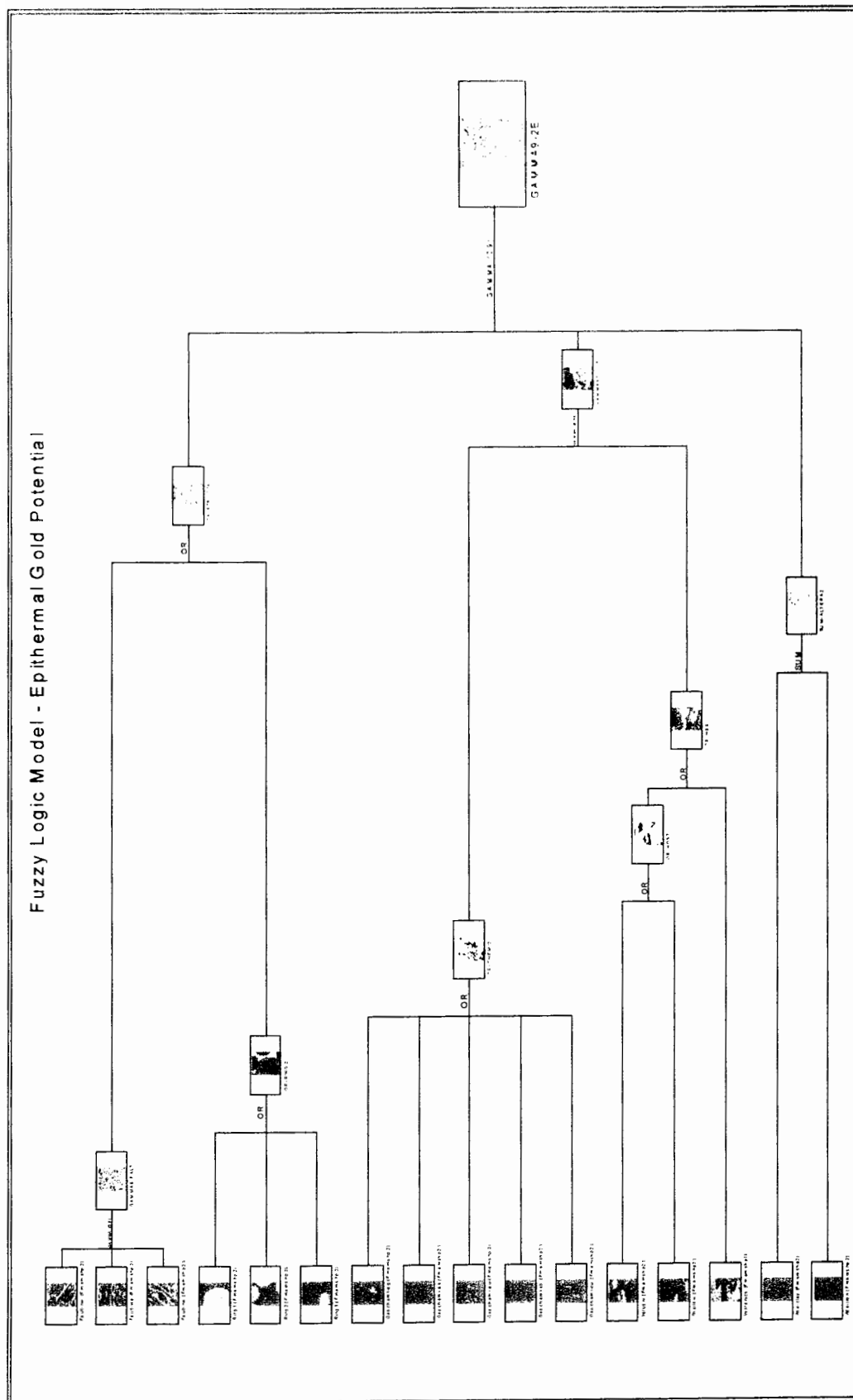
شکل (۶-۶): نمودار درختی ترکیب و مدل سازی لایه های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۱



شکل (۶-۶): نمودار درختی ترکیب و مدل سازی لایه های اکتشافی به روش منطق فازی — مدل ۲



شکل (۶-۶): نمودار درختی ترکیب و مدل سازی لایه های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۳

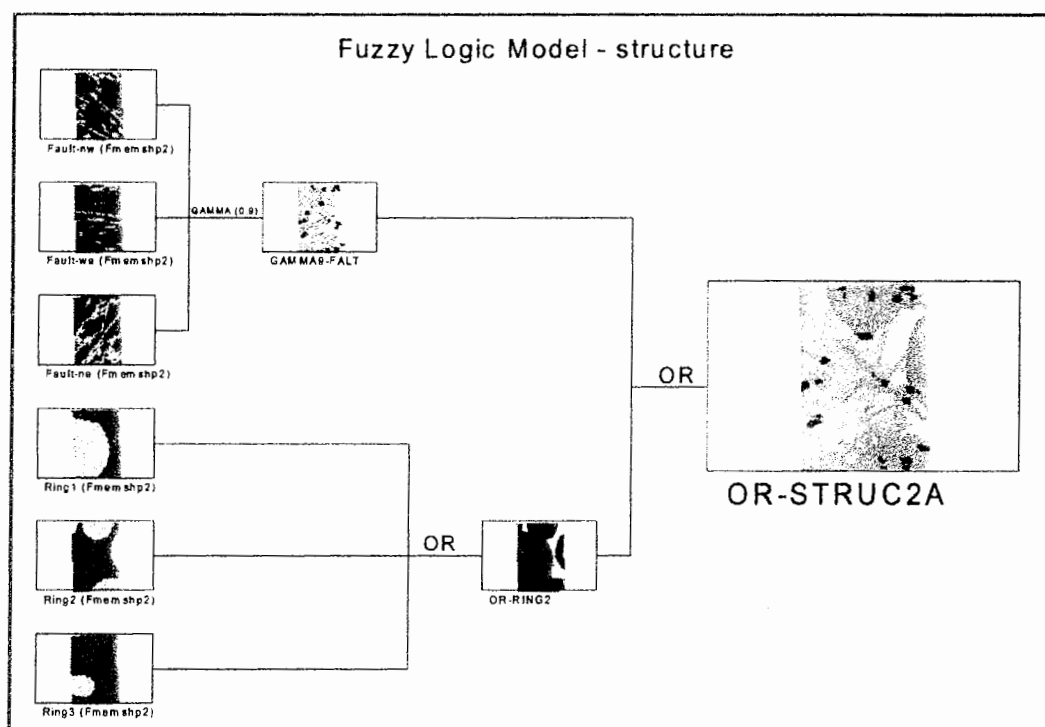


شکل (۶-۶): نمودار درختی ترکیب و مدل سازی لایه های اکتشافی به روش منطق فازی - مدل ۴

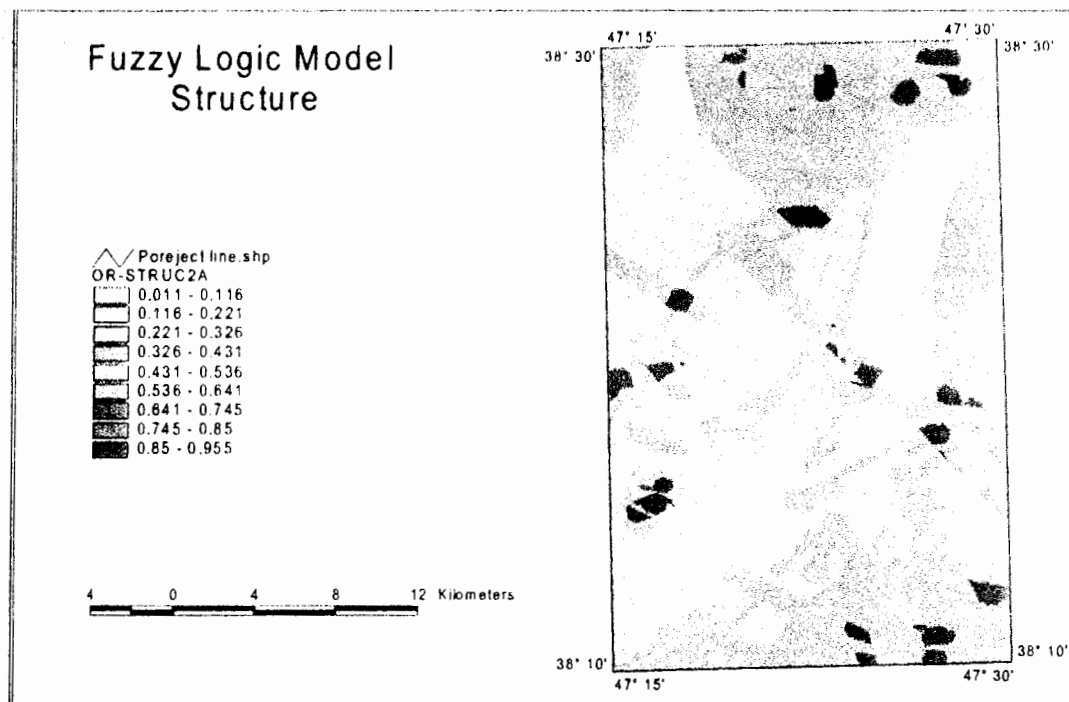
به عنوان مثال برای تهیه نقشه پتانسیل طلای اپی ترمال در مدل شماره ۴ بدین صورت عمل گردید: ابتدا تمام اطلاعات ساختاری طبق شکل (۶-۶۵) باهم توسط عملگرهای فازی مشخص شده ترکیب و در نهایت لایه ساختاری منطقه تشکیل شد شکل (۶-۶۶).

لایه های اکتشافی مربوط به داده های ژئوشیمی و سنگ های منشأ و میزبان نیز طبق شکل (۶-۶۷) با عملگرهای فازی ترکیب و لایه کانی زایی (OFP) به صورتی که در شکل (۶-۶۸) دیده می شود، تشکیل گردید.

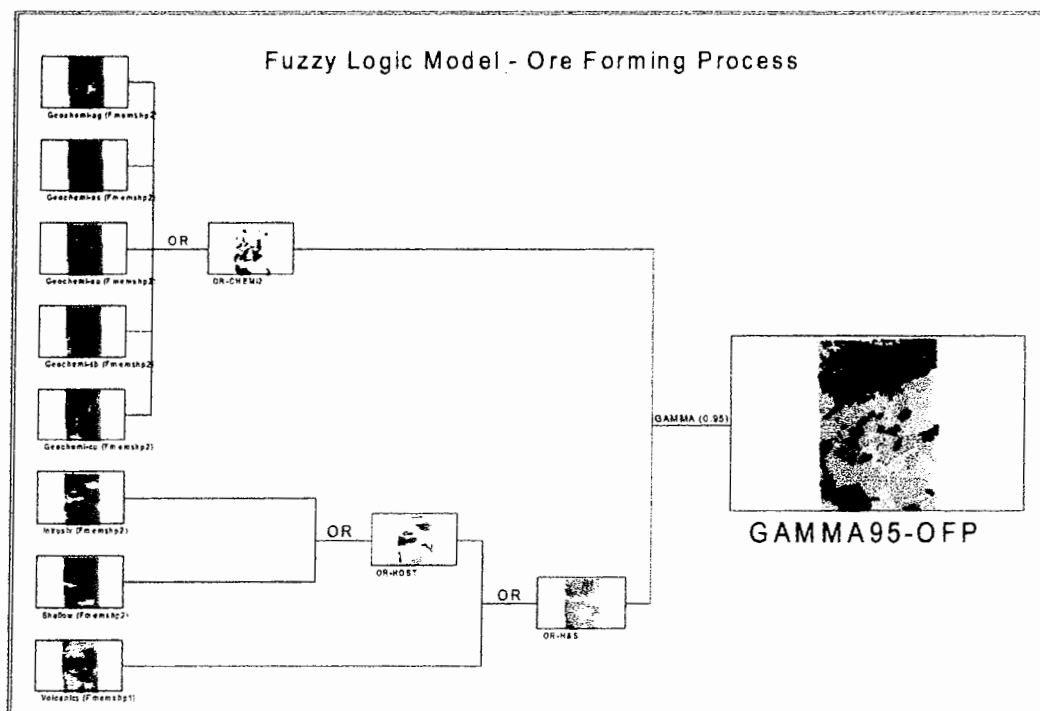
لایه های آلتراسیون نیز در مدل شماره ۴ با ترکیب آلتراسیون های رسی و اکسید آهن با عملگر جمع جبری فازی طبق نمودار نشان داده شده در شکل (۶-۶۹) تشکیل شد. این لایه در شکل (۶-۷۰) با مقیاس بزرگتری نشان داده شده است.



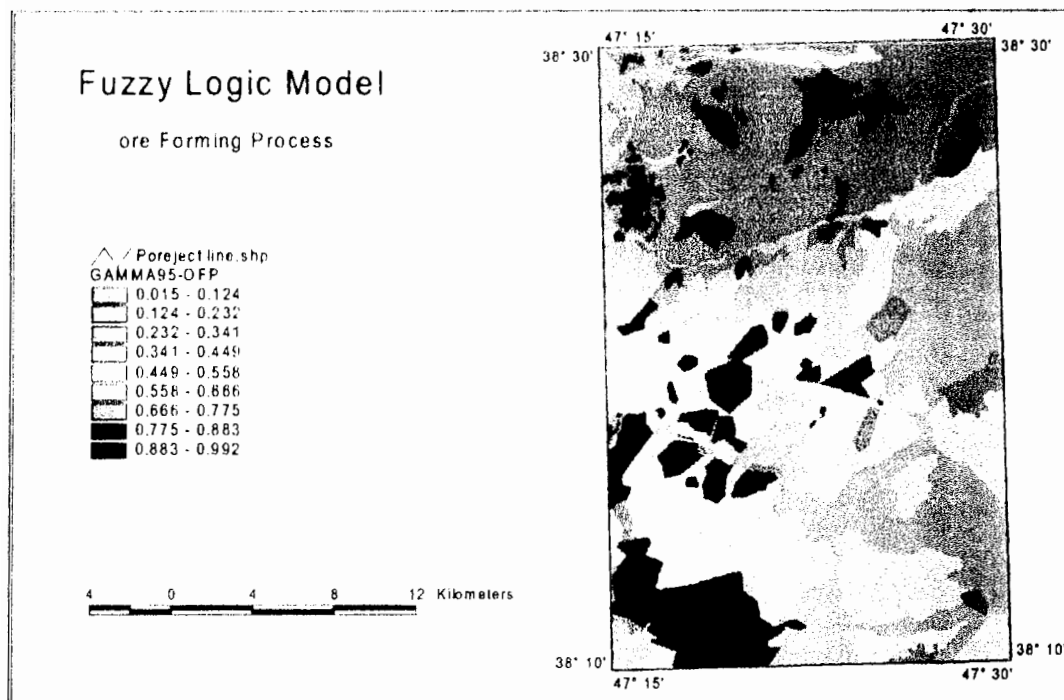
شکل (۶-۶۵): مراحل ترکیب لایه های ساختاری بر اساس منطق فازی- مدل ۴



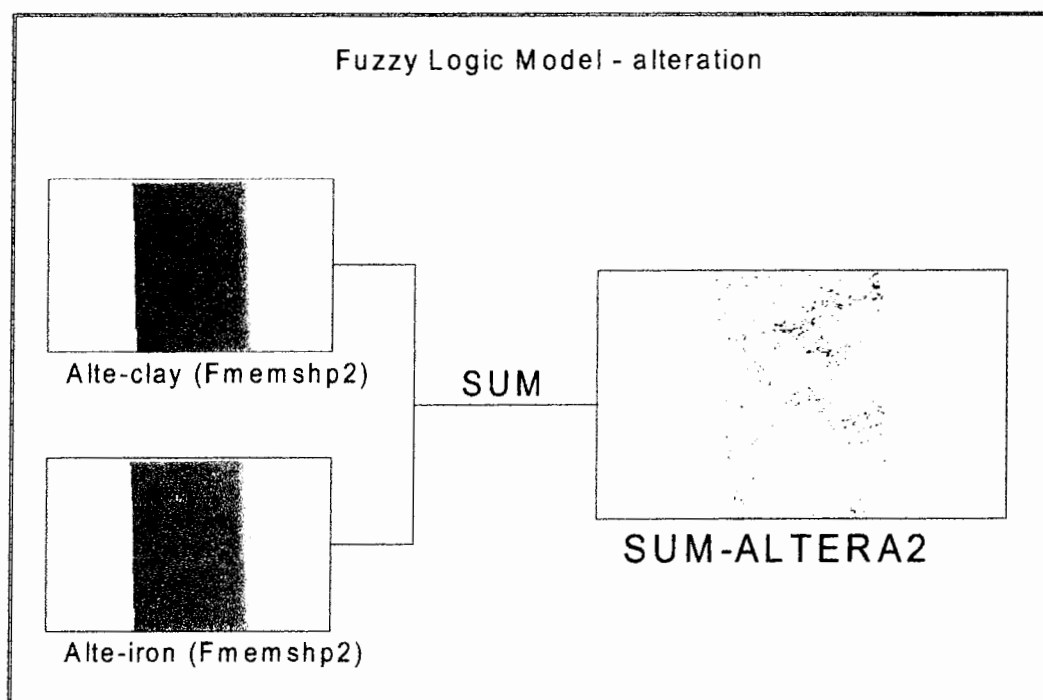
شکل (۶-۶۶): لایه ساختاری بدست آمده از مدل سازی فازی- مدل ۴



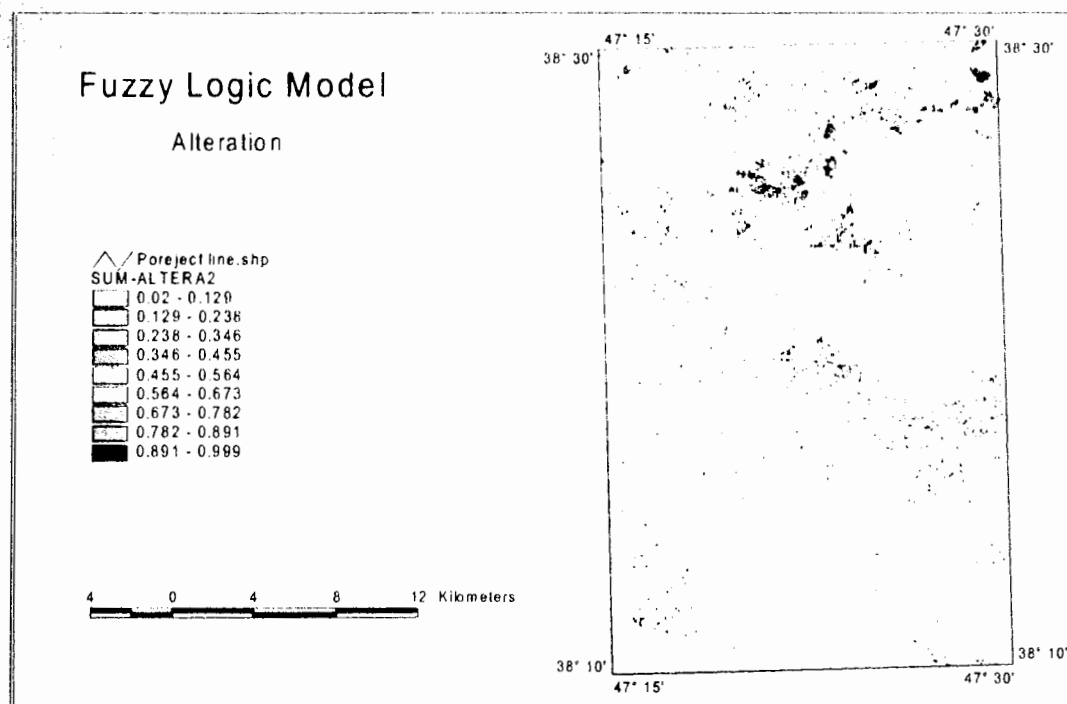
شکل (۶-۶۷): مراحل ترکیب لایه های کانی زایی بر اساس منطق فازی- مدل ۴



شکل (۶-۶۸): لایه کانی زایی بدست آمده از مدل سازی فازی- مدل ۴



شکل (۶-۶۹): مراحل ترکیب لایه های آلتراسیون بر اساس منطق فازی- مدل ۴



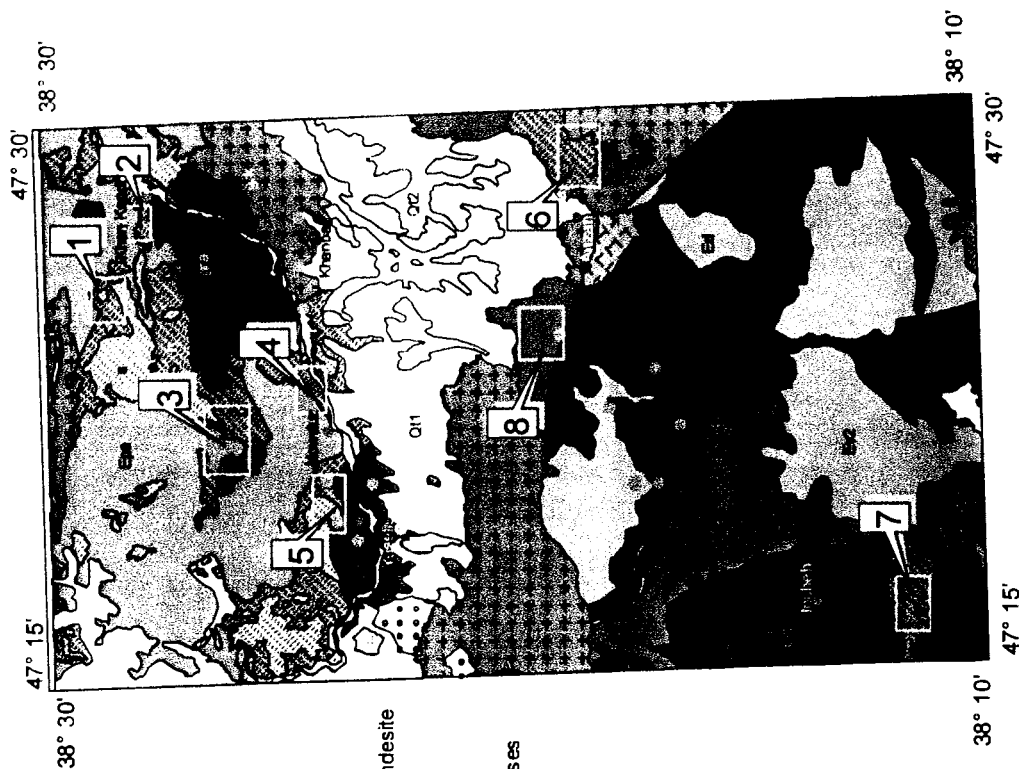
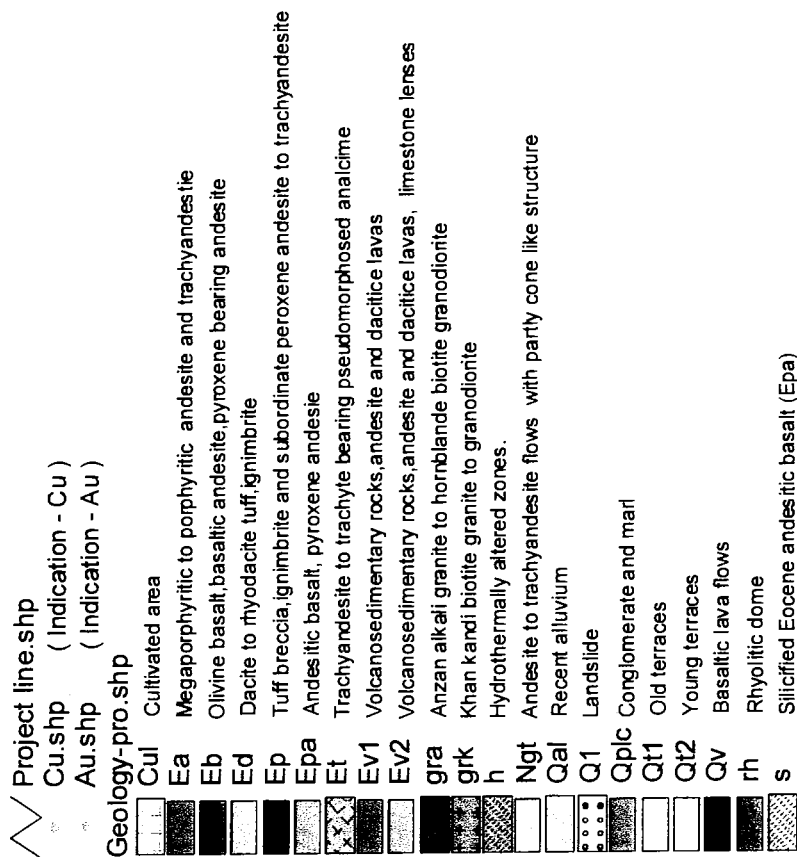
شکل (۶-۷۰): لایه آلتراسیون بدست آمده از مدل سازی فازی- مدل ۴

در نهایت با تلفیق سه لایه کانی‌زایی، آلتراسیون و ساختارها با عملگر فازی گاما، نواحی پتانسیل‌دار به صورت مدل ۴ مشخص گردید.

۶-۴- معرفی مناطق امید بخش معدنی و کنترل صحرایی

پس از پردازش لایه های اکتشافی موجود در منطقه و مدل سازی آنها با دو روش منطق فازی و همپوشانی شاخص، هشت منطقه جهت کانی زایی طلای اپی ترمال و هفت محدوده برای مس پورفیری معرفی گردید. این محدوده‌ها به همراه موقعیت اندیس های معدنی موجود در منطقه، در شکل های (۶-۷۱) و (۶-۷۲) نشان داده شده است.

Epithermal Gold Potential Area



شکل (۶-۷): مناطق امید بخش معرفی شده برای کانی‌زایی طلای اپی ترمال

porphyry Copper Potential Area

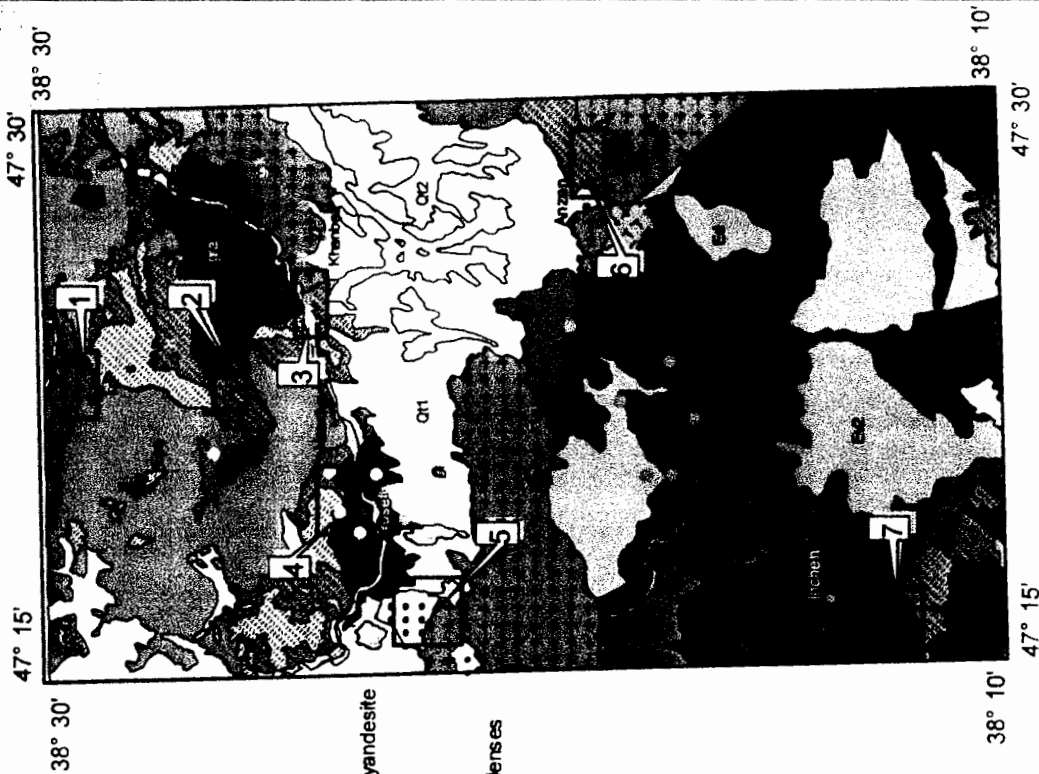
Project line.shp
Cu.shp (Indication - Cu)
Au.shp (Indication - Au)

Geology-pro.shp

Cul	Cultivated area
Ea	Megaporphyritic to porphyritic andesite and trachyandesite
Eb	Olivine basalt, basaltic andesite, pyroxene bearing andesite
Ed	Dacite to rhyodacite tuff, ignimbrite
Ep	Tuff breccia, ignimbrite and subordinate peroxide andesite to trachyandesite
Epa	Andesitic basalt, pyroxene andesite
Et	Trachyandesite to trachyte bearing pseudomorphosed analcime
Ev1	Volcanosedimentary rocks, andesite and dacitic lavas
Ev2	Volcanosedimentary rocks, andesite and dacitic lavas, limestone lenses
gra	Anzan alkali granite to hornblende biotite granodiorite
grk	Khan kandi biotite granite to granodiorite
h	Hydrothermally altered zones.
Ngt	Andesite to trachyandesite flows with partly cone like structure
Qal	Recent alluvium
Q1	Landslide
Qplc	Conglomerate and marl
Qt1	Old terraces
Qt2	Young terraces
Qv	Basaltic lava flows
rh	Rhyolitic dome
s	Silicified Eocene andesitic basalt (Epa)



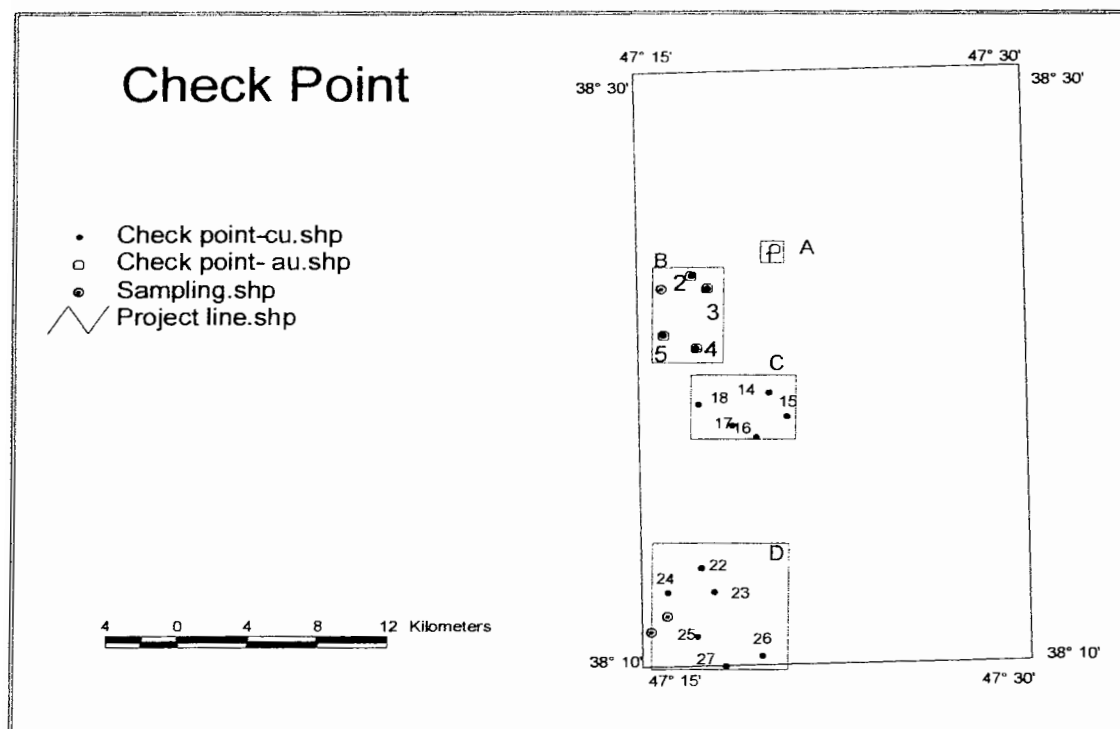
4 0 8 12 Kilometers



شکل (۶-۷۲): مناطق امید بخش معرفی شده برای کانی‌زایی مس پورفیبری

جهت بررسی مناطق امید بخش معرفی شده کنترل صحرایی از محدوده‌های پتانسیل‌دار صورت گرفت. شکل (۶-۷۳) محدوده‌های بازدید شده را برای دو نوع کانی‌زایی مس پورفیری و طلای اپی‌ترمال نشان می‌دهد. در محدوده‌های معرفی شده برای بازدید از نقاط خاصی که در شکل (۶-۷۳) به آنها شماره داده شده، بازدید و کنترل صحرایی صورت گرفت. چنانکه از روی شکل مزبور ملاحظه می‌شود، در قسمت شمالی منطقه هیچ نقطه‌ای برای بازدید صحرایی انتخاب نشده است. علت آنکه سه تا از محدوده‌های معرفی شده در شمال منطقه مطالعاتی دقیقاً منطبق بر مناطقی هستند که اکتشافات نیمه تفصیلی در آن نقاط انجام شده و یا در حال اجرا می‌باشد. این می‌تواند دلیل خوبی برای صحت مدل‌سازی‌های انجام شده باشد.

در ادامه به تفکیک خصوصیات مناطق امید بخش معرفی شده که دارای کانی‌زایی از نوع طلای اپی‌ترمال و مس پورفیری می‌باشند و بخصوص مناطقی که بازدید و کنترل صحرایی از آنها به عمل آمده، توضیح داده می‌شود.



شکل (۶-۷۳): محدوده‌های انتخاب شده برای کنترل صحرایی

چنانکه ملاحظه می‌گردد محدوده A منطبق بر کانی‌زایی شماره ۵ طلای اپی‌ترمال و ۴ مس پورفیری است. محدوده B منطبق بر کانی‌زایی شماره ۵ مس پورفیری و محدوده D منطبق بر کانی‌زایی شماره ۷ طلای اپی‌ترمال و مس پورفیری می‌باشد. محدوده C به علت آنکه آنومالی خوب ژئوشیمیایی و نیز در بعضی از مدل‌سازی‌ها آنومالی نشان داده، جهت بازدید صحرایی انتخاب شد.

۶-۴-۱- محدوده‌های امید بخش کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال

۶-۴-۱-۱- محدوده شماره ۱ و ۲

این مناطق در شمال شرقی محدوده مطالعاتی و نیز در شمال - شمال غرب روستای خانکندی واقع شده است. مهمترین واحدهای زمین‌شناسی این منطقه آندزیت‌های به شدت آلتره شده از نوع سیلیسی و هیدروترمالی می‌باشد که در مجاورت دو توده نفوذی خانکندی و قوری چای واقع شده است. این منطقه با توجه به وجود گسل‌های فراوان بسیار تکتونیزه می‌باشد. وجود رگه و رگچه‌های سیلیسی و سولفیدی در منطقه گزارش گردیده است [۵].

محدوده شماره یک با طول جغرافیایی $47^{\circ} 24' 45''$ تا $47^{\circ} 25' 59''$ و عرض جغرافیایی $38^{\circ} 28' 54''$ تا $38^{\circ} 28' 56''$ و محدوده شماره دو با طول جغرافیایی $47^{\circ} 26' 56''$ تا $47^{\circ} 27' 53''$ و عرض جغرافیایی $38^{\circ} 27' 30''$ تا $38^{\circ} 28' 9''$ مشخص شده است.

این مناطق با توجه به داده‌های اکتشافی موجود، پتانسیل کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال و نیز مس پورفیری را دارا می‌باشد. از این محدوده‌ها به دلیل نبود زمان کافی بازدید صحرایی انجام نگردید.

۶-۴-۱-۲- محدوده شماره ۳

این منطقه در محدوده طول جغرافیایی $47^{\circ} 20' 38''$ تا $47^{\circ} 22' 28''$ و عرض جغرافیایی $38^{\circ} 25' 36''$ تا $38^{\circ} 26' 37''$ در شمال روستای زایلک واقع شده و یکی از مناطق مهم محدوده

مطالعاتی می‌باشد. این منطقه با توجه به وجود آثار معدنکاری قدیمی مورد توجه مهندسين اکتشاف بوده در حال حاضر نیز اکتشاف نیمه تفصیلی برای کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال از سوی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور در حال اجرا می‌باشد. لازم به ذکر است هنوز گزارش آن چاپ نشده است.

از لحاظ واحدهای زمین شناسی، سنگ‌های میزبان اندزیت آلتره شده و ریولیت می‌باشد. کانی‌زایی در رگه‌های سیلیسی طلا دار و مس دار صورت گرفته است.

از این محدوده به دلیل انجام کارهای اکتشافی نیمه تفصیلی که وجود آنومالی را اثبات می‌نماید بازدید صحرایی انجام نگرفت. بر طبق مدل سازی های انجام شده، این محدوده معرفی شده، در نتیجه بر طبق این امر صحت مدل‌سازی انجام شده در معرفی این محدوده را تأیید می‌نماید.

۴-۱-۳- محدوده شماره ۴

این محدوده با طول جغرافیایی $47^{\circ} 22' 12''$ تا $47^{\circ} 23' 25''$ و عرض جغرافیایی $38^{\circ} 23' 59''$ تا $38^{\circ} 24' 38''$ در کنار جاده اهر - مشکین شهر در نزدیکی روستای نقدوز واقع شده است. این محدوده نیز از لحاظ زمین شناسی شبیه محدوده ۳ می‌باشد. این محدوده با توجه به قرارگیری آن در کنار جاده از نزدیک مورد بررسی واقع شد. آلتراسیون‌های کائولینیتی و آلونیتی به صورت وسیع در این محدوده مشاهده می‌شد. رگه‌های سیلیسی به صورت گسترده رخنمون نداشت ولی شامل کانی‌های سولفیدی بودند. این منطقه به عنوان محدوده‌ای با کانی‌زایی ضعیف شناسایی گردید.

۴-۱-۴- محدوده شماره ۵

این محدوده در مجاورت روستای نقدوز و یوسف‌لو با طول جغرافیایی $47^{\circ} 18' 55''$ تا $47^{\circ} 20' 34''$ و عرض جغرافیایی $38^{\circ} 23' 38''$ تا $38^{\circ} 24' 19''$ از دیگر محدوده‌های مهم در منطقه می‌باشد. به

طوری که چندین پروژه تحقیقاتی و طرح اکتشافات نیمه تفصیلی برای ذخایر طلای اپی-ترمال موجود در منطقه انجام شده است. این محدوده با توجه به اهمیت آن مورد بازدید صحرایی قرار گرفت. واحدهای سنگی تشکیل دهنده منطقه، سنگ‌های نفوذی با ترکیب حد واسط اسیدی تا اسیدی (مونزوگرنایت - گرانیت) و سنگ‌های آتشفشانی (آندزیت - ریولیت) می‌باشد. این واحدها به شدت دگرسان شده‌اند. آلتراسیون‌ها از نوع سیلیسی، کائولینیتی و آلونیتی بودند. کانی‌زایی به صورت رگه‌های سیلیسی سولفیددار دیده می‌شود. طول این رگه‌ها بین ۲۵ تا ۵۰۰ متر و ضخامت آنها بین ۰/۲ تا ۲ متر متغیر می‌باشد. رایج‌ترین کانی فلزی همراه طلا در رگه‌های مذکور پیریت می‌باشد ضمن اینکه اکسیدهای آهن و کانی‌های مس‌دار (کالکوپیریت و بورنیت) نیز مشاهده گردید.

نمونه‌هایی که توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور برداشت شده، عیار طلا را در این منطقه حداکثر ۱۷ ppm، مس ۹۹۶۰ ppm و مولیبدن ۳۴۶ ppm نشان می‌دهد گزارش‌های ارائه شده در این محدوده، نشان می‌دهد که کانی‌سازی طلا در این منطقه از نوع اپی-ترمال اسید سولفات (آلونیت-کوارتز) یا سولفید بالا می‌باشد. همچنین در بخش‌هایی شباهت قابل توجهی با ذخایر طلای مرتبط با توده‌های نفوذی دیده می‌شود. لازم به ذکر است که همبستگی بالای عناصر مس و طلا در بیشتر مقاطع لیتوژئوشیمیایی عمود بر رگه‌ها گزارش شده است [۶].

با توجه به بازدید صحرایی انجام شده و مطالعه گزارش‌های موجود، این محدوده دارای پتانسیل کانی‌زایی از نوع طلای اپی-ترمال و کانی‌زایی مس و مولیبدن پورفیری می‌باشد.

۶-۴-۱-۵- محدوده شماره ۶

این محدوده در شرق محدوده مطالعاتی و نزدیکی روستای انزان با طول جغرافیایی $53^{\circ} 27' 47''$ تا $53^{\circ} 29' 34''$ و عرض جغرافیایی $38^{\circ} 18' 00''$ تا $38^{\circ} 18' 59''$ واقع شده است. در این محدوده یک اندیس کانی‌زایی پلی‌متال گزارش شده است [۸]. از نظر ترکیب واحدهای زمین شناسی شامل

سنگ‌های نفوذی از نوع کرانودیوریت و سنگ‌های آتشفشانی آندزیتی آتره شده می‌باشد. این منطقه با توجه به شرایط زمین شناسی مذکور و تکتونیک موجود جهت کانی زایی طلای اپی‌ترمال و مس پورفیری می‌تواند مورد بررسی بیشتر قرار گیرد. از این محدوده نیز به علت کمبود وقت بازدید نگردید.

۶-۴-۱-۶- محدوده شماره ۷

این محدوده با طول جغرافیایی $49^{\circ} 15'$ تا $47^{\circ} 17' 20''$ و عرض جغرافیایی $38^{\circ} 11' 21''$ تا $38^{\circ} 12' 8''$ در جنوب غرب منطقه مطالعاتی و در جنوب روستای اینچه واقع شده است. رخنمون‌های سنگی منطقه شامل سنگ‌های نفوذی از نوع آکالی گرانیت، مونزوگرانیت و بیوتیت گرانیت و سنگ‌های آتشفشانی اغلب توف برشی و آندزیت بود. محدوده نسبتاً وسیعی (محدوده D در شکل ۶-۷۳) مورد بررسی صحرایی قرار گرفت. برای دسترسی به محدوده مورد نظر از شهر هریس پس از عبور از روستاهای خانقاه و هیق از جاده پر پیچ و خمی که اهالی منطقه آن را جاده معدن مس می‌نامیدند حرکت کردیم. در مسیر حرکت چندین محدوده با آلتراسیون کائولینیتی مشاهده گردید. در منطقه‌ای با مختصات UTM، $X=697466$ و $Y=4229163$ و دارای آلتراسیون شدید، یک گمانه دیده شد که به گفته اهالی برای معدن مس حفر شده است. با این حال هیچ گونه آثاری از مس در این نقطه مشاهده نگردید. در ادامه مسیر با دگرسانی شاریپی از کائولن مواجه شدیم که دارای موفولوژی خشن با رگه‌های فلدسپاتی سیلیسی شده بود. ولی به مفهوم واقعی رگه‌ای با ضخامت بیش از ۱۰ سانتی‌متر از سیلیس مشاهده نشد. اکثر رگه‌های سیلیسی به صورت رگچه به همراه سولفیدهای ریز اکسید شده در داخل فلدسپات‌ها دیده می‌شد.

در ادامه مسیر و در محدوده روستای اسماعیل کندی و سوناجیل کندی آثاری از معدن قدیمی مس مشاهده شد. در چند کیلومتری سوناجیل کندی به گفته اهالی یک سری فعالیت اکتشافی از سوی

شرکت مس در چند سال اخیر انجام شده است. با توجه به تاریکی هوا این محدوده مورد بررسی واقع نشد.

۶-۴-۱-۷- محدوده شماره ۸

این منطقه در شمال غرب روستای انزان و در مرکز منطقه مطالعاتی با طول جغرافیایی $22^{\circ} 23' 47''$ تا $24^{\circ} 24' 47''$ و عرض جغرافیایی $38^{\circ} 18' 53''$ تا $38^{\circ} 19' 53''$ واقع شده است. رخنمون‌های سنگی منطقه شامل آندزیت و تراکی آندزیت با بافت پورفیری که در مجاورت توده نفوذی با ترکیب گرانودیوریت می‌باشد. وجود آلترسیون‌های شدید در منطقه و یک اندیس مس پتانسیل کانی‌زایی در این منطقه را افزایش می‌دهد. از این محدوده نیز بازدید به عمل نیامد.

۶-۴-۲- محدوده های امید بخش کانی‌زایی مس پورفیری

۶-۴-۲-۱- محدوده شماره ۱

این منطقه در شمال محدوده مطالعاتی و در محدوده طول جغرافیایی $21^{\circ} 52' 47''$ تا $23^{\circ} 42' 47''$ و عرض جغرافیایی $38^{\circ} 28' 47''$ تا $38^{\circ} 29' 34''$ واقع شده است. از واحدهای نفوذی از نوع بیوتیت گرانیات تا گرانودیوریت تشکیل شده که به داخل سنگ‌های آتشفشانی از نوع آندزیتی نفوذ کرده و باعث تشکیل آلتراسیون‌های شدیدی در اطراف آن شده است. از این محدوده نیز بازدید صحرایی صورت نگرفت.

۶-۴-۲-۲- محدوده شماره ۲

این محدوده در نزدیکی محدوده شماره ۲ طلای اپی‌ترمال با طول جغرافیایی $21^{\circ} 60' 47''$ تا $23^{\circ} 52' 47''$ و عرض جغرافیایی $38^{\circ} 25' 44''$ تا $38^{\circ} 26' 25''$ واقع شده است. با توجه به شرایط

زمین‌شناسی ارائه شده این منطقه می‌تواند به عنوان یک محدوده احتمالی جهت کانی‌زایی مس پورفیری مورد بررسی قرار گیرد. از این محدوده به انجام اکتشافات نیمه تفصیلی بازدید صحرایی صورت گرفت.

۶-۴-۲-۳- محدوده شماره ۳

از دیگر مناطق معرفی شده در این پایان‌نامه است که توسط افراد مختلفی به عنوان محدوده‌ای با پتانسیل کانی‌زایی مس پورفیری شناسایی و معرفی گردیده است. این محدوده در طول جغرافیایی $51^{\circ} 23'$ تا $47^{\circ} 43'$ و عرض جغرافیایی $38^{\circ} 24' 2''$ تا $38^{\circ} 24' 42''$ واقع شده است. از جمله طرح‌های اجرا شده در این منطقه می‌توان به طرح اکتشاف کانی‌های پلی‌متال استان اردبیل اشاره کرد. این طرح در سال ۱۳۷۸ توسط اداره کل معادن و فلزات استان اردبیل صورت گرفت. از این محدوده نیز بازدید صحرایی صورت گرفت.

عیار بالای مس و مولیبدن و محدود بودن آن به سیستم‌های درزه و شکستگی، وجود زون‌های برشی در داخل توده نفوذی به همراه کانی‌زایی‌های مس (عمدتاً آزوریت و مالاکیت) و وجود یک چشمه فصلی با آبی به رنگ قهوه‌ای (حاکی از تخریب کانی‌های سولفیدی در عمق می‌باشد) در محدوده روستای خان‌باز یا همان محدوده شماره ۳ نشان دهنده پتانسیل منطقه جهت کانی‌زایی مس و مولیبدن پورفیری می‌باشد.

همچنین چندین اندیس معدنی در منطقه نیز گزارش گردیده است.

۶-۴-۲-۴- محدوده شماره ۴

این محدوده منطبق بر محدوده شماره ۵ طلای اپی‌ترمال می‌باشد. چنانکه قبلاً اشاره شد این منطقه از مناطق پتانسیل دار منطقه اهر می‌باشد که مورد بازدید صحرایی قرار گرفت.

۵-۴-۲-۵- محدوده شماره ۵

در قسمت جنوب غرب توده نفوذی نقدوز با طول جغرافیایی $47^{\circ} 15' 42''$ تا $47^{\circ} 17' 32''$ و عرض جغرافیایی $38^{\circ} 21' 22''$ تا $38^{\circ} 22' 48''$ واقع شده است. با توجه به اینکه هیچ اندیس معدنی در این ناحیه جهت تأیید کار ما گزارش نشده بود لذا مورد بازدید صحرایی قرار گرفت. با توجه به صعب‌العبور بودن منطقه فقط قسمتی از منطقه‌ای که در شکل (۶-۷۳) به عنوان محدوده B مشخص گردیده، کنترل صحرایی انجام گرفت. وجود آثار معدنی و سرباره‌های کوره‌های ذوب قدیمی از نکات قابل توجه در این محدوده بود. سنگ‌های منطقه به شدت آلت‌ر شده و حاوی میکاهای برنزی بودند که به نظر می‌رسید سنگ میزبان گرانیت بوده است. از طرف دیگر سنگ‌های موجود حاوی اکسید آهن فراوان بودند.

لازم به ذکر است نتایج اکتشافات ژئوشیمیایی انجام شده در این منطقه، وجود آنومالی‌های طلا و مولیبدن را تأیید نموده است.

۶-۴-۲-۶- محدوده شماره ۶

این محدوده دقیقاً منطبق بر محدوده شماره ۶ طلای اپی‌ترمال می‌باشد. چنانکه قبلاً نیز اشاره گردید این منطقه می‌تواند دارای پتانسیل کانی‌زایی مس پورفیری باشد.

۷-۴-۲-۷- محدوده شماره ۷

این محدوده نیز منطبق بر محدوده شماره ۷ طلای اپی‌ترمال می‌باشد. با توجه به بازدید از این منطقه، کانی‌زایی به صورت ضعیف تشخیص داده شد. ولی با توجه به وجود شرایط زمین‌شناسی مستعد، آنومالی‌های ژئوشیمیایی عناصر مس، طلا، آرسینیک و آنتیموان و کارهای اکتشافی انجام شده در منطقه از جمله یک سری حفاری‌ها، این منطقه نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد.

فصل هفتم

بحث و نتیجه‌گیری و پیشنهادات

فصل هفتم

بحث و نتیجه گیری و پیشنهادات

۷-۱- بحث و نتیجه گیری

چنانکه اشاره گردید روش‌های مدل‌سازی در GIS بر پایه دو روش، مدل متکی بر داده‌ها و مدل متکی بر دانش استوار است. به دلیل آماری بودن روش اول و نبود اطلاعات معدنی صحیح از منطقه انجام مدل‌سازی به روش اول خروجی صحیحی را ارائه نمی‌داد. لذا در این پایان‌نامه جهت مدل‌سازی نواحی امید بخش معدنی از روش متکی بر دانش یا همان نظر کارشناسی استفاده گردید. از منطق فازی جهت کنترل خروجی‌های روش همپوشانی شاخص برای مدل‌سازی استفاده گردید. با توجه به فرمول عملی در روش همپوشانی شاخص فرمول ارائه شده در کتب مرجع به شکل زیر اصلاح گردید.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S_{ij} W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (۷-۱)$$

در این رابطه S امتیاز بدست آمده بعد از ترکیب نقشه‌ها برای هر مکان از محدوده مورد مطالعه می‌باشد، W_i وزن i امین نقشه ورودی و S_{ij} امتیاز i امین کلاس از i امین نقشه است. بر اساس گزارشات موجود و چندین طرح انجام شده در محدوده مطالعاتی و زون اهر- ارسباران همچنین شرایط متالورژی منطقه، احتمال وجود کانی‌زایی مس پورفیری و طلای اپی‌ترمال در منطقه تشخیص داده شد.

بر مبنای پارامترهای موثر در کانی‌زایی منطقه و مدل‌های اکتشافی موجود، لایه‌های اکتشافی پس از رقومی، پردازش و وزن‌دهی بر اساس اهمیت‌شان در کانی‌زایی مورد نظر در نرم افزارهای ArcView و

ArcGIS، توسط روش‌های همپوشانی شاخص و منطق فازی جهت معرفی مناطق امید بخش ترکیب و تلفیق گردید.

با توجه به وزن‌های اختصاص داده شده به لایه‌های اکتشافی و کلاس‌های مربوط به هر لایه، مدل‌سازی‌های نسبتاً زیادی برای دو نوع کانی‌زایی مس پورفیری و طلای اپی‌ترمال توسط روش همپوشانی شاخص انجام گردید. مدل‌های بدست آمده به جز در مواردی کاملاً مشابه بودند. این امر به سبب نحوه امتیاز دهی لایه‌ها و کلاس‌های آنها بر اساس و اهمیت پارامترهای کانی‌زایی در منطقه می‌باشد. امتیاز دهی غیر واقع بینانه برای کلاس‌های لایه‌ها و همچنین لایه‌های اکتشافی در رابطه (۷-۱) جوابهای متفاوتی را در مدل‌سازی‌های مختلف در بر خواهد داشت.

مدل‌سازی به روش منطق فازی علاوه بر تأیید مدل‌سازی همپوشانی شاخص، مناطق کوچکتری را برای محدوده‌های امید بخش معرفی نمود به این علت که قوانین ترکیب در روش منطق فازی نسبت به روش همپوشانی شاخص انعطاف پذیرتر می‌باشد. همچنین مشکل ماهیت افزایشی و خطی مدل همپوشانی شاخص در این روش اصلاح شده است.

بعد از بررسی نتایج به دست آمده از مدل‌های مختلف به عنوان مناطق امید بخش برای کانی‌زایی مس پورفیری و طلای اپی‌ترمال، در نهایت هشت محدوده جهت کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال و هفت محدوده برای کانی‌زایی مس پورفیری معرفی گردید.

جهت کنترل محدوده‌های امید بخش معرفی شده، از منطقه مورد مطالعه بازدید و کنترل صحرایی به عمل آمد. محدوده بازدید شده A منطبق بر محدوده شماره ۴ معرفی شده به عنوان محدوده کانی‌زایی مس پورفیری و محدوده شماره ۵ معرفی شده به عنوان محدوده کانی‌زایی طلای اپی‌ترمال بوده که آثار کانی‌زایی برای هر دو نوع کانی‌زایی مشاهده گردید.

محدوده کنترل شده صحرایی B، منطبق بر محدوده شماره ۵ معرفی شده برای کانی‌زایی مس پورفیری می‌باشد. نشانه‌های معدنکاری قدیمی و آثار کانی‌زایی در این محدوده نیز مشاهده شد.

در محدوده کنترل شده صحرایی C' که در بعضی از مدل سازی ها دیده شد، کانی زایی خیلی ضعیفی مشاهده گردید.

محدوده D از مناطق بازدید شده که منطبق بر محدوده های کانی زایی شده شماره ۷ برای هر دو نوع کانی زایی مس پورفیری و طلای اپی ترمال می باشد، در چند نقطه آثار کانی زایی مشاهده گردید. وجود آثار معدنکاری قدیمی و انجام کارهای اکتشافی از جمله حفر یک گمانه اکتشافی در چند سال اخیر در منطقه حاکی از صحت نتایج مدل سازی های انجام شده در این پایان نامه برای این منطقه می باشد. از دیگر نتایج به دست آمده، انطباق کامل محدوده های معرفی شده از جمله محدوده ۳ معرفی شده برای کانی زایی طلای اپی ترمال و محدوده ۳ معرفی شده برای کانی زایی مس پورفیری با کارهای اکتشافی نیمه تفصیلی در منطقه است.

۲-۷- پیشنهادات

بر اساس نتایج پژوهش انجام شده در این پایان نامه، پیشنهادات زیر به طور خلاصه ارائه می گردد:

۱- مدل سازی توسط روش های متکی بر داده مانند روش وزن های نشانگر و رگرسیون لجستیکی در صورت تکمیل داده های معدنی و دیگر گزارش های اکتشافی در منطقه مورد مطالعه جهت مقایسه نتایج حاصله با نتایج به دست آمده از مدل سازی های انجام شده در این پایان نامه پیشنهاد می گردد.

۲- جهت به دست آوردن نتایج دقیق از روش های مدل سازی متکی بر داده، به اطلاعات صحیح و نسبتاً کامل اکتشافی از اندیس های معدنی موجود در منطقه نیاز است. لذا پیشنهاد می گردد که در این مدل سازی ها از داده های مشکوک جهت مدل سازی و تهیه نقشه های امید بخش معدنی استفاده نگردد. لازم به ذکر است که روش های مدل سازی متکی بر دانش نیز نیازمند داده های صحیح است ولی در صورت تکمیل نبودن داده های اکتشافی، معمولاً روش های

مدل‌سازی متکی بر دانش جواب صحیح تر و دقیق تری نسبت به روش‌های مدل‌سازی متکی بر داده فراهم می‌نماید.

۳- پیشنهاد می‌شود بر روی محدوده‌های معرفی شده برای کانی‌زایی مس پورفیری و طلای اپی‌ترمال بخصوص نواحی شمالی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰^۱ اهر کارهای اکتشافی مفصل تری صورت گیرد.

فهرست منابع

الف منابع فارسی

- (۱) اطلس راههای ایران، ۱۳۸۰، مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتا شناسی.
- (۲) جهانی، ع. و مسگری، س.، ۱۳۸۰، GIS به زبان ساده، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- (۳) حسنی پاک، ع. و شجاعت، ب.، ۱۳۷۹، مدل سازی کانسارهای فلزی- غیر فلزی و کاربرد اکتشافی آن، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.
- (۴) حسنی پاک، ع.، ۱۳۷۰، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه تهران.
- (۵) قدیرزاده، حیدری، حاج نوروزی و خداینده، ۱۳۷۹، طرح مطالعات اکتشافی طلای اپی ترمال و مس و مولیبدن پورفیری زون ارسباران (مرحله شناسایی)، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- (۶) قدیم زاده، ح.، ۱۳۸۱، زمین شناسی اقتصادی و اکتشاف طلا در محدوده اکتشافی صفی خانلو- نقدوز، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، پژوهشکده علوم زمین، تهران.
- (۷) کریمی، م.، ۱۳۸۱، کاربردهای مهندسی ژئوماتیک در اکتشاف معدن، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران.
- (۸) مومن زاده، م.، ۱۳۶۴، ارزیابی ذخایر معدنی شناخته شده منطقه اهر بر اساس اطلاعات موجود، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- (۹) مهدوی، م. ع. و امینی فضل، ع.، ۱۳۶۷، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰، اهر، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۱۰) مهندسین مشاور پیچاپ کاوش، ۸۰-۱۳۷۹، گزارش تهیه نقشه متالورژی استان آذربایجان شرقی، سازمان صنایع و معادن استان آذربایجان شرقی.

(b) منابع لاتین

- [11]. Bernhardsen, T., 1999, Geographic Information Systems An Introduction, 2nd Edition, John Wiley & Sons.
- [12]. Bonham-Carter, G.F., 1995, Geological applications of GIS mineral potential mapping, Cooperative Research Centre for Australian Mineral Exploration Technologies (CRCAMET), Department of Exploration Geophysics, Curtin University of Technology, Western Australia.
- [13]. Bonham-Carter, G.F., 1994, Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS, Pergamon.
- [14]. Carranza, E.J.M., 2002, Geologically – Constrained mineral potential mapping, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Philippines.
- [15]. Derecole, C., Groves, D.I., and Knox-Robinson, C.M., 2000, Using fuzzy logic in a geographic information system environment to enhance conceptually based prospectivity analysis of Mississippi Valley- type mineralisation, Australian Journal of Earth Sciences, Vol. 47, pp 913-927.
- [16]. Eddy, B.G., Bonham-Carter, G.F., and Jefferson, C.W., 1994, Mineral resource assessment of the Parry Island, High Arctic, Canada: A GIS- based Fuzzy Logic Model, In Bonham-Carter, G. F. (Ed.), Geological applications of GIS mineral potential mapping, (CRCAMET), Department of Exploration Geophysics, Curtin University of Technology, Western Australia, pp 338-346.
- [17]. <http://ntserv.gis.nrcan.gc.ca/sdm/instal.htm>, Arc- SDM and Data Xplore User Guide: spatial Data Modeller Extension for Arcviwe and Spatial Analyst.
- [18]. Mukhopadhyay, B., Hazra, N., Sengupta, S. R. and Das, S. K., 2003, Mineral potential map by a knowledge driven GIS modelling: An example from Singhbhum copper belt, Jharkhand, Geological Survey of India.

- [19]. Zehtabian, G.R., Alavipanah, S.K., and Hamedpanah, R., 2001, Determination of an appropriate area for flood water spreading by remote sensed data and GIS in the Tagharood Catchement, International Conference, Korea.
- [20]. Zimmerman, H. J., 1991, Fuzzy Set Theory and Its Application, 2nd Edition, Kluwer Academic Publisher, Dorderecht.



Shahrood University of Technology
Faculty of Mining Engineering and Geophysics

**Combination of exploration data obtained from KhanKandi-Incheh area
of East Azarbaijan Province using geographic information systems (GIS)
for reconnaissance of mineral deposits in the area**

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

By:

A. Mesgarivash

Supervisors:

Dr. A. Kamkar

Consultant:

M. Zarei Nejad

September 2005