

فصل اول

کلیات

گزارش حاضر مطالعات GIS جهت تعیین پتانسیل اسکارن‌های آهن و تنگستن در استان کردستان میباشد. در مطالعات اکتشافی نیز همانند سایر علوم زمین جمع آوری، پردازش، تلفیق و ارزیابی اطلاعات مختلف با استفاده از تکنولوژی جدید و نرم افزارهای GIS می تواند اهمیت و تاثیر بسزایی در بدست آوردن نتایج حاصله داشته باشد و زمینه مساعد برای متخصصان علوم زمین فراهم آورد تا از دوباره کاری و عدم قابلیت در تبادل اطلاعات جلوگیری شود. در تهیه این گزارش از اطلاعات زمین‌شناسی، دورسنجی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک و منابع معدنی موجود در منطقه استفاده شده است که این اطلاعات پس از جمع آوری و پردازش در قالب نقشه‌های نشانگر جهت بدست آوردن نقاط پرتانسیل برای کانی سازی اسکارن‌های آهن و تنگستن مورد تلفیق قرار گرفته اند. نقشه‌های پتانسیل مواد معدنی، تنها پیشنهاد کننده مناطق پرتانسیل هستند و نباید انتظار داشت که تمام بخشهای معرفی شده در یک نقشه پتانسیل مواد معدنی واقعاً همراه با کانی سازی (پنهان یا رخنمون دار) باشد. همچنین نباید انتظار داشت که در بسیاری از بخشهای پیشنهاد شده در نقشه ها با پتانسیل بالا، کانی سازی بصورت اندیس معدنی رخنمون قابل مشاهده داشته باشد یا نشانه های قابل رویت در سطح زمین وجود داشته باشد.

نکته مهم دیگری که در استفاده از نقشه های پتانسیل مواد معدنی باید در نظر گرفت این است که هر چه داده‌های ورودی به مدل‌های استفاده شده در ترکیب لایه‌ها کاملتر، دقیق تر و به واقعیت زمین نزدیکتر باشد میتوان انتظار خروجی واقع گرایانه‌تری را به شکل نقشه های پتانسیل مواد معدنی داشت.

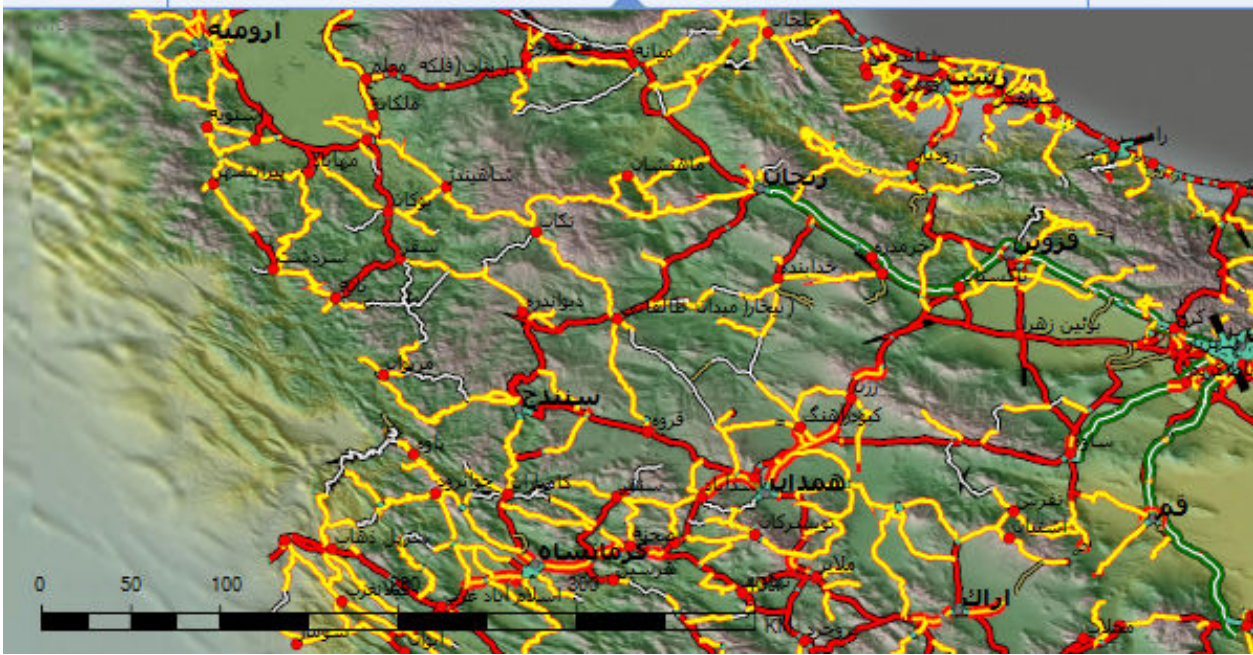
تصویر ۱-۱ نمایی از کانسار اسکارن آهن گلالی در استان کردستان را نشان می‌دهد.



۱-۱ نمایی از معدن آهن گلالی

۲-۱ موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی

استان کردستان به مساحت تقریبی ۲۸۲۰۳ کیلومتر مربع در باختر ایران قرار دارد. این استان از سمت شمال با استان آذربایجان غربی، از سوی شمال خاور با استان زنجان، از خاور با استان همدان و در جنوب با استان کرمانشاه هم مرز می باشد. مرکز آن شهرستان سنندج است که تا تهران ۶۵۱ کیلومتر فاصله دارد. تصویر ۱-۲ نقشه راههای ارتباطی استان کردستان را با استان های همجوار نشان می دهد و همچنین تصویر ۱-۳ نقشه راههای استان کردستان را به همراه اندیس های معدنی استان نشان می دهد.



۱-۲ راههای ارتباطی محدوده استان کردستان

تصویر فوق راههای ارتباطی مرکز استان کردستان، سنندج را با سایر شهرها که شامل ارومیه، همدان، زنجان میباشد را نشان می دهد.

نقشه راهها: شماره ۱-۳

۳-۱ آب و هوای استان

استان کردستان دارای دو نوع آب و هوای متفاوت می‌باشد. نواحی کوهستانی و دشت‌های مرتفع آن آب و هوای بسیار سرد دارند ولی در داخل دره‌ها آب و هوا معتدل است. موقعیت جغرافیایی استان سبب گردیده تا رویش گیاهی بصورت جنگل‌های بلوط و مرتع در خور توجه باشد. با وجود داشتن زمینهای زراعی و بارش زیاد به لحاظ پائین بودن بستر رودها از سطح زمین‌های زراعتی، کمبود آب یکی از مشکلات استان است، معهدا کشاورزی به ویژه دامپروری از جمله مهمترین منابع اقتصادی استان میباشد. از نظر میزان بارندگی، بخش غربی استان بالاترین میزان بارندگی سالانه را دارا است.

۴-۱ پیشینه مطالعاتی

اگر چه مطالعات گوناگون در مقیاس‌های متفاوت در استان و در قالب پروژه های ناحیه ای، پی‌جویی و اکتشافات چکشی، اکتشافات ژئوشیمیایی و طرح‌های اکتشافی استان، انجام شده‌است ولی با نگاه گذرا به گزارش‌های موجود، مشخص می‌گردد که پروژه‌ها اغلب بصورت موردی و با استفاده از یک لایه اطلاعاتی صورت پذیرفته که در زیر فهرست‌وار و بترتیب زمانی به چند مورد آن اشاره شده‌است:

- گزارش بازدید از چهارگوش تکاب و نکاتی درباره زمین‌شناسی آن (پدرامی، م-۱۳۶۹)

- گزارش پی‌جویی ذخایر اسکارن و کانی‌سنگین ناحیه جنوب سقز (مهندسین مشاور کاوشگران-۱۳۷۴) که میتوان آنرا جزء اولین پی‌جویی‌هایی ذخایر اسکارن در منطقه نام برد.

- گزارش مطالعات اکتشاف زمین‌شناسی و کانی‌سنگین (ناحیه باغچله سقز) و پتانسیل بانه (حاج ملاعلی، ع- ۱۳۷۵)

- براساس مطالعات انجام یافته در محدوده‌های حسن سالاران و درگاه سلیمان حضور عناصر فلزی نظیر مس، روی، آهن، سرب و غیره با مقادیر متفاوت به اثبات رسیده‌است و دراین راستا گزارش مطالعات زمین‌شناسی و معدنی حسن سالاران- رنگریزان در منطقه سقز توسط سهیلی، م و برنا.ب- در سال ۱۳۷۶ تهیه شده‌است.

- گزارش مطالعات زمین‌شناسی و معدنی حسن سالاران- رنگریزان در منطقه سقز (سهیلی، م-۱۳۷۶)

- گزارش عملیات اکتشافی چکشی در ورقه یکصد هزارم سقز (برنا.ب- ۱۳۷۶)

- گزارش اولیه توان معدنی در محدوده عربشاه- آی قلعه سی (تکاب)، (حیدری، ا- ۱۳۷۶)
- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سقز (ابوالمعالی، ش- ۱۳۷۷)
- تهیه نقشه پتانسیل معدنی در ورقه یکصد هزارم سقز (دانشور، ب- ۱۳۷۷)
- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ تیژ (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور - ۱۳۷۸)
- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ باینچوب (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور - ۱۳۷۸)
- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ کامیاران (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور - ۱۳۷۸)
- اکتشافات ژئوشیمیایی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ چاپان (علوی نایینی، م- مشکانی، ا- و صفهانی پور، ر- ۱۳۷۸)
- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ آلوت (حسینی پاک، ع، ا- شرکت توسعه علوم زمین - ۱۳۷۸)
- بررسی مناطق امیدبخش اکتشافی در ورقه یکصد هزارم چاپان (بنی آدم، ف- ۱۳۷۹)
- طرح پی جوئی اکتشافات طلا و آهن در اسکارن شمال صاحب واقع در شمال شرق شهرستان سقز، گزارش زمین شناسی _ معدنی کانسار آهن مس دار صاحب (سهیلی، م- ۱۳۸۰)
- اکتشافات کانی سنگین در ناحیه خاور گوگجه (شرکت مهندسین مشاور تهران پادیر- ۱۳۸۰)
- اکتشافات کانی سنگین در محدوده تازه آباد گلانه (شرکت مهندسین مشاور کان جویان زاگرس- ۱۳۸۰)
- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ قروه (وزارت صنایع و معادن استان کردستان- ۱۳۸۱)
- پروژه اکتشاف نیمه تفصیلی تنگستن قروه (حسامی، ع- شرکت کانی کاوان شرق- ۱۳۸۲)
- اکتشافات ژئوشیمیایی و کانی سنگین در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ تکاب (فضائلی، ع- ۱۳۸۲)
- اکتشافات ژئوشیمیایی و کانی سنگین در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ مریوان (اکبرپور، ا- سعیدی، ع- ۱۳۸۳)

- اکتشافات ژئوشیمیایی و کانی سنگین در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ بانه (اکبرپور، ۱۳۸۳)
- اکتشافات ژئوشیمیایی و کانی سنگین در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ میانراهان (سازمان زمین شناسی - ۱۳۸۳)
- گزارش بررسی‌های اکتشافات سیستماتیک ناحیه‌ای و شناسایی نواحی امیدبخش معدنی در زون مهاباد-مریوان (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور - ۱۳۸۳)
- گزارش بررسی‌های اکتشافات سیستماتیک ناحیه‌ای و شناسایی نواحی امیدبخش معدنی در زون سنندج-ملایر (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور - ۱۳۸۴)
- کنترل و معرفی محدوده‌های امیدبخش معدنی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ آلت (تاج الدین، ج- ۱۳۸۵)
- کنترل و معرفی محدوده‌های امیدبخش معدنی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ تیژتیز (نیرومند، ش- ۱۳۸۵)
- کنترل و معرفی محدوده‌های امیدبخش معدنی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ باینچوب (تاج الدین، ج- ۱۳۸۵)
- کنترل و معرفی محدوده‌های امیدبخش معدنی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ پاره (بنی آدم، ف- ۱۳۸۵) کنترل و معرفی محدوده‌های امیدبخش معدنی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ کامیاران (نیرومند، ش- ۱۳۸۵)
- گزارش نهایی طرح مطالعات ژئوفیزیک آنومالیهای آه‌ندار در منطقه خسروآباد سنقر (اداره معادن و فلزات کردستان)

با نگرشی برگزاشات ذکر شده و موجود ، می‌توان دریافت که در زمینه اسکارنهای آهن و تنگستن خیلی محدود کار شده و با توجه به پتانسیل کانی‌زایی ، منطقه نیاز به مطالعه و کاوش بیشتر را می‌طلبد . لازم بذکر است که افزون بر گزارشات یادشده دهها گزارش ، نقشه ، مقاله ، پایان نامه و موافقت‌نامه‌های اصولی اکتشاف در ادارات کل معادن و فلزات استان جهت بهره‌برداری در منطقه موجود می‌باشد که اشاره به اسامی و عناوین آنها خارج از بحث و مقوله مورد نظر است.

۱-۵ هدف و روش اکتشافی پروژه

اهداف اکتشافی این پروژه شناسایی پتانسیل‌های جدید کانسارهای اسکارن از نوع آهن و تنگستن با استفاده از شناسایی پتانسیل‌ها، اندیس‌ها و کانسارهای شناخته شده قبلی است . از اینرو توزیع و گسترش آنها ، ارتباط با سنگ در برگیرنده ، دگرسانی سنگ دیواره، منشأ و ژنز و بطور کلی خصوصیات عمومی آنها که بوسیله روشهای مدلسازی و تلفیق بیشترین ارتباط را با واحدهای زمین شناسی ساختارها، توده‌های نفوذی، کنتاکت

ها و.... را دارند شناسایی شده و دیگر مناطقی که براساس این مدل‌های مفهومی احتمال کانی‌سازی تیپ اسکارن را داشته‌است شناسایی می‌گردد. بدینوسیله کلیه اندیس‌ها و کانسارهای شناخته شده قبلی بعد از جمع آوری اطلاعاتشان بصورت لایه‌های گرافیکی و وکتوری درآمده تا ارتباط بهتری با دیگر لایه‌های اطلاعاتی برقرار نماید این اندیس‌ها و کانسارها در مطالعات صحرایی یکبار دیگر مورد بازدید قرار گرفته تا انطباق آنها با معیارهای شناخته شده جهانی مورد مقایسه و شناسایی قرار گیرد. در نهایت فاکتورهای کنترل کننده‌ای که بعنوان معیارهای اکتشافی شناخته می‌شود در مدلسازی و تعیین نقاط هدف به منظور کنترل کانی‌سازی اسکارن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از اینرو موارد ذیل به منظور شناسایی بهتر ذخایر اسکارن در این پروژه انجام گرفته‌است.

الف) جمع‌آوری کلیه اطلاعات قبلی مورد نیاز اکتشاف از پتانسیل‌ها و کانسارها

ب) شناسایی، مقایسه و انتخاب بهینه مدل‌های مفهومی برای کانی‌سازی اسکارن منطقه

ج) شناسایی واحدهای در برگیرنده کانی‌سازی (آهکها، دولومیتها و.... بطور کلی کربناتها)

د) شناسایی ارتباط بین انواع کانسارهای اسکارن منطقه با توده های نفوذی همراهشان

ه) شناسایی ارتباط کانسارهای پتانسیل‌های اسکارن منطقه با هاله‌های ژئوشیمیایی اطراف

ی) تعیین الگوهای دگرسانی با استفاده از تفسیر و بررسی داده‌های دورسنجی

و) تعیین ارتباط کانی‌سازی های اسکارن با اطلاعات ژئوفیزیک هوایی

روشها

به ترتیب روشهای بکارگرفته شده در این پروژه به شرح ذیل آورده شده‌است:

۱- تفسیر و بررسی داده‌های دورسنجی برای تشخیص واحدهای مهم شامل توده‌های نفوذی، سنگ‌های

کربناتی خصوصاً همبری آنها و تعیین شکستگی‌ها

۲- بررسی اندیس‌های معدنی شناخته شده با استفاده از اطلاعات صحرایی و دفتری

۳- پردازش اولیه کلیه اطلاعات ژئوشیمیایی حاصل از نمونه‌های رسوب آبراهه ای و کانی سنگین

(عناصر مهم عبارتند از آهن، مس، تنگستن، سرب، روی، مولیبدن، قلع و اورانیوم)

۴- پردازش کلیه اطلاعات ژئوفیزیکی

۵- تلفیق و مدل‌سازی با استفاده از دو متد اوزان شواهد Weight of Evidence و فازی Fuzzy و

معرفی نقاط هدف

۶- کنترل صحرایی مناطق معرفی شده به‌مراه نمونه برداری غیر سیستماتیک

۷- تصحیح مدل اکتشافی

۸- تصمیم‌گیری برای معرفی مناطق اکتشاف شده جدید و در صورت نیاز ادامه اکتشاف

در پایان مرحله هشتم امید است بتوان محدوده‌های اکتشافی متعددی برای ادامه اکتشاف در فاز

اکتشاف مقدماتی معرفی نمود. انجام مراحل اکتشاف مقدماتی خارج از اهداف این پروژه بوده‌است و لذا

نیازمند تعریف پروژه دیگری می‌باشد.

فصل دوم

زمین شناسی

۱-۲ زمین شناسی عمومی با نگاهی ویژه به چینه شناسی منطقه

با توجه به وسعت منطقه مورد مطالعه و کثرت برگه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جهت بررسی و توصیف زمین‌شناسی عمومی از چهارگوش‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ استان کردستان که شامل چهارگوش‌های سنندج، کرمانشاه، مهاباد، تکاب و مریوان می‌باشد، استفاده و صرفاً محدوده‌های زمین‌شناسی داخل استان کردستان توصیف و بررسی گردیده‌است. تصویر شماره ۱-۲ نقشه‌های زمین‌شناسی استان و تصویر شماره ۲-۲ نقشه توپوگرافی استان کردستان با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ را نمایش می‌دهد.

تصویر ۱-۲: ۱:۲۵۰۰۰۰

تصویر ۲-۲: ۱:۲۵۰۰۰۰: توپوگرافی

پرکامبرین

بطور کلی رسوبات پرکامبرین گسترش زیادی در محدوده استان کردستان ندارد. در چهارگوش تکاب مجموعه‌ای که سنگ‌های پرکامبرین را تشکیل می‌دهد شامل گنیس، آمفیبولیت، میکاشیست و همچنین سنگ‌های رخساره دگرگونی شسیت سبز می‌باشد.

در بخش شمال باختری چهارگوش تکاب سازند قره‌داش (اینفراکامبرین) رخنمون دارد که برای اولین بار در ایران معرفی شده و شامل گدازه‌های ریولیتی و توف اسیدی می‌باشد و با ناپیوستگی هم شیب روی سازند کهر (پرکامبرین) که از رسوبات شیل‌های سیلتی سبزرنگ میکا دار تشکیل شده، قرار گرفته‌است.

همچنین در چهارگوش مهاباد رخنمون‌هایی از سازند بایندر (قاعده این سازند بعنوان مرز بین پرکامبرین پسین و اینفراکامبرین در نظر گرفته می‌شود) که شامل ماسه‌سنگ ارغوانی، شیل‌های میکادار و سیلتی تا ماسه‌ای با میان لایه‌های دولومیتی است، مشاهده می‌شود که بر روی سازند سلطانیه قرار گرفته که شامل سه بخش مهم است: ۱- دولومیت زیرین (اینفراکامبرین) ۲- شیل چپقلو (اینفراکامبرین) ۳- دولومیت فوقانی (کامبرین زیرین). تصویر ۲-۳ پراکندگی واحدهای رخنمون یافته پرکامبرین را نشان می‌دهد.

پالئوزوئیک

رسوبات پالئوزوئیک در استان کردستان گسترش زیادی ندارد. واحدهای پالئوزوئیک بطور کامل در محدوده استان از هم تفکیک نشده‌اند بطور مثال در چهارگوش مریوان - بانه مجموعه دگرگونی پالئوزوئیک از اردوئین تا کربنیفر بصورت تفکیک نشده هستند. تصویر ۲-۴ پراکندگی واحدهای رخنمون یافته پالئوزوئیک را نشان می‌دهد.

کامبرین

در محدوده مورد مطالعه، از سازندهای کامبرین گسترش‌های محدودی در چهارگوش‌های سنندج، مهاباد، مریوان، میانه وجود دارد که در چهارگوش مهاباد رخنمون‌هایی از سازندهای باروت، زاگون - لالون و میلا مشاهده می‌شود.

سازند باروت : شامل شیل‌های رسی، سیلتی و ماسه‌ای دانه ریز و ماسه سنگهای میکادار به رنگ بنفش، خاکستری تا ارغوانی با میان لایه‌هایی از آهک و دولومیت استروماتولیت‌دار می‌باشد که سازند باروت با مرز تدریجی روی سازند سلطانیه قرار دارد.

سازند زاگون: شامل شیل‌های سیلتی تا ماسه‌ای دانه ریز و ماسه سنگهای میکادار فاقد فسیل می‌باشد. سازند لالون: شامل ماسه سنگ آرکوزی قرمز تا گلی رنگ با سیمان سیلیسی تشکیل شده و میان لایه‌هایی از شیل و ماسه سنگ قرمز در آن دیده می‌شود .

سازند میلا: سازند میلا از نظر لیتولوژی بسیار متفاوت است و به همین دلیل شامل ۵ بخش می‌باشد که بخش ۱ تا ۴ آن مربوط به کامبرین میانی و بالایی است و بخش ۵ آن را به اردویسین زیرین مربوط می‌دانند. بخش ۱ آن شامل دولومیت بدون فسیل همراه با شیل و مارن، بخش ۲ شامل آهک متبلور دانه درشت فسیل دار، بخش ۳ شامل آهک دانه درشت همراه با مارن و سیلتستون با فسیل تریلوبیت و بخش ۴ شامل سیلتستون، ماسه سنگ آهک گلوکونی می‌باشد.

اردویسین – سیلورین – دونین – کربنیفر

از سازندهای اردویسین زیرین برونزدهایی از سازند میلا در چهارگوش مهاباد دیده می‌شود که بخش ۵ آن مربوط به اردویسین زیرین می‌باشد و شامل کوارتزیت، شیل بدون فسیل، ماسه سنگ و آهک است. همانطور که درسطور قبل اشاره شد مجموعه سنگهای اردویسین تا کربنیفر از هم تفکیک نشده و گسترش محدودی را در منطقه مورد مطالعه دارند و مهمترین برونزدها در چهارگوش مریوان – بانه و شامل واحد آهکی با تداخل شیل و فیلیت، آهک متبلور کرینوئید دار، سنگ‌های متاپیروکلاستیک اسیدی – فیلیت متاولکانیک – سنگهای دگرگونی درجه پایین، سنگهای آتشفشانی – آندزیتی کمی دگرگونه، آهک دولومیتی قهوه‌ای، آهک فوزلین‌دار خاکستری می‌باشد.

پرمین

در چهارگوش سنندج رخنمونی از سنگهای متامورفیک در خاور دهکده زاغه، کوه پیرمحمود را تشکیل میدهد که از فیلیت و شیست تشکیل یافته‌اند و به وسیله لایه‌های دولومیتی و آهکی چرت‌دار و بلورین بطور همساز پوشیده شده‌اند که در میان این لایه‌ها، لایه‌های نازکی از فورس سنگ بوکسیت‌دار وجود دارد، که بصورت

عدسی‌های نسبتاً کوچکی در آمده‌اند و بوکسیت احتمالاً از مواد ولکانیکی موجود در لایه‌های شیستی مشتق شده و بصورت عدسی‌های از هم گسسته در آهک‌های پرمین رسوب کرده‌است. در کوه گبریش در ۸ کیلومتری خاور سقز لایه بوکسیتی در درون آهک‌های بلورین و فسیل‌دار پرمین قرار دارد. ضخامت لایه بوکسیتی از ۱ تا ۵ متر متغیر است و از مواد بوکسیتی که گاهی بصورت دانه‌های پیزولیتیک می‌باشد، تشکیل شده‌است. بطور کلی این لایه‌ها دارای سه‌بخش رس‌های کائولینیتی در بالا، رس‌های آلومین دار و آهن‌دار که بهترین لایه بوکسیت است در میان، و شیل‌های قرمز تیره آهن‌دار در پائین می‌باشند.

در چهارگوش تکاب مجموعه‌ای از سنگ‌های دگرگونی شامل آمفیبولیت - گنایس - میکاشیست، سنگ آهک و مرمر رخمون دارد.

مزوزوئیک

مجموعه سنگ‌های مزوزوئیک گسترش نسبتاً زیادی در محدوده مورد مطالعه دارد. در بیشتر مناطق برونزدهایی از مجموعه مزوزوئیک دیده می‌شود. تصویر ۲-۵ پراکندگی واحدهای رخمون یافته مزوزوئیک را نشان می‌دهد.

تریاس

رسوبات تریاس گسترش چندانی در استان کردستان ندارند و برونزدهای محدودی در چهارگوش‌های سنندج، کرمانشاه و مهاباد وجود دارد. این رسوبات در چهارگوش سنندج شامل دولومیت‌های زرد بلورین به ستبرای ۲۰۰ تا ۲۵۰ متر می‌باشد، که دارای میان لایه‌های شیلی و سنگ آهک بلورین است. در چهارگوش مهاباد برونزدهایی از تشکیلات الیکا متعلق به تریاس زیرین شامل آهک نازک لایه تا شیلی، آهک ورمیکوله دار که دارای آثار کرمی شکل است، دیده می‌شود. همینطور در سایر نواحی نیز لیتولوژی تریاس عمدتاً متشکل از سنگ آهک و دولومیت است.

ژوراسیک

رسوبات ژوراسیک به صورت همساز بر روی رسوبات تریاس قرار می‌گیرند و اغلب در این منطقه بعنوان مجموعه تریاس - ژوراسیک شناخته می‌شوند در بخش خاوری چهارگوش سنندج، از دو واحد کوارتزیت، شیل و شیل ماسه سنگی تشکیل شده‌است واحد زیرین کوارتزیت و شیل با ستبرای بیش از ۵۰۰ متر در

دامنه‌های خاوری رشته کوه صلوات آباد نمایان می‌شود. در جنوب باختری سنندج، بخش کوچکی از یک رشته کوه بزرگ وجود دارد که بنام رشته کوه اورامانات نامیده می‌شود و بلندترین نقطه آن قله کوه شاهو به ارتفاع ۳۳۹۰ متر می‌باشد. این بخش در آهک‌های ماسیف و ستبر تشکیل شده‌است. آهک‌های ژوراسیک در گوشه جنوب باختری چهارگوش با یک کنگلومرای سفید رنگ، بظاهر همساز پوشیده می‌شود. رسوبات ژوراسیک در سایر نواحی محدوده مورد مطالعه شامل سنگ‌آهک، آهک دلومیتی خاکستری، فیلیت، شیل همراه بین لایه‌های ولکانیکی و کنگلومرا می‌باشد. فعالیت‌های ولکانیکی در زمان رسوبگذاری سنگ‌های ژوراسیک وجود داشته که از جمله آثار آن وجود سنگهای آتشفشانی و بازالتی و آندزیتی می‌باشد.

کرتاسه

رسوبات کرتاسه در محدوده استان کردستان گسترش نسبتاً وسیعی دارند. برونزدهایی از شیل‌های سیلتی و ماسه‌سنگ، ماسه سنگ و کنگلومرای قرمز، آهک اوربیتولین دار، شیل‌های تیره رنگ به سن کرتاسه زیرین در چهارگوش سنندج قابل مشاهده هستند. در کرتاسه بالا رسوبات شیل‌های خاکستری (شیل سنندج)، آهک‌های خاکستری رنگ و کنگلومرا مشاهده می‌شود. واحدهای ولکانیکی از سنگهای آتشفشانی آندزیتی نیز در محدوده وجود دارد. در چهارگوش کرمانشاه برونزدهایی از رادیولاریت کرمانشاه (کرتاسه پائینی) وجود دارد. در سایر مناطق نیز برونزدهایی از سنگ‌آهک، مارن، ماسه‌سنگ کنگلومرای و آهک اوربیتولین دار مشاهده می‌شود. لازم به ذکر است واحدهای سنگی محدوده کرتاسه بالا- پالتوسن در بخش مرکزی محدوده مورد مطالعه شامل شیل و آهک‌های قرمز و خاکستری که به خصوص در باختر سنندج گسترش زیاد دارد و آهک‌های میکروفسیل دار در جنوب باختری سنندج بصورت نواری سفید رنگ در میان رسوب‌های سیاه‌رنگ شیل تا کیلومترها به طرف شمال باختری ادامه دارد. سنگهای آتشفشانی در جنوب و باختر سنندج به صورت چند برونزد کوچک در بالای رسوبات شیلی قرار دارند که از لاهای آندزیتی تشکیل شده‌است.

سنوزوئیک

پالتوسن _ ائوسن

در چهارگوش سنندج رسوبات پالتوسن _ ائوسن شامل شیل و ماسه سنگ با عدسی‌های آهکی و سنگهای آتشفشانی آخرین قسمت‌ها از رسوبات به ظاهر پیوسته مزوزوئیک- ترسیر هستند که بطور همساز بر روی

رسوبهای کرتاسه بالا پالئوسن قرار دارند و با پایان گرفتن آن ردیف رسوبگذاری در حوضه نیز قطع می‌گردد. سنگهای یاد شده را می‌توان به سه بخش اصلی فلیش، شیل‌های آهکی و آمیخته‌ای همانند آمیزه‌رنگی افیولیت تقسیم نمود. در چهارگوش کرمانشاه رخنمون‌هایی از سنگ‌آهک پلاژیک، اسپلیت‌ها با ساخت پیلولاوا (پالئوسن زیرین) سنگ‌آهک کردی (پالئوسن میانی) مشاهده می‌شود. در چهارگوش مریوان رخنمون‌هایی از سنگ دگرگونی درجه پائین، واحدهای آتشفشانی و آذرآواری آندزیتی و آهک متبلور مشاهده می‌شود.

ائوسن

رسوبات ائوسن در چهارگوش‌های سنندج و تکاب و مریوان و بانه رخنمون دارند. رسوبات ائوسن در سه جای شمال، شمال‌خاور و جنوب سنندج رخنمون داشته و شامل، کنگلومرا، ماسه‌سنگ مارنی و مارن خاکستری و سنگهای آتشفشانی شامل توف، گدازه‌های بازیگ و اسپلیتی می‌باشد.

در چهارگوش تکاب برونزدهای از سازند کرج (توف سبز و سنگ‌آهک ماسه‌ای) به سن ائوسن نیز دیده می‌شود.

الیگومیوسن

رسوبات الیگومیوسن بطور کلی از سه بخش اصلی کنگلومرا، آهک و مارن تشکیل یافته‌است. در چهارگوش سنندج آهک‌های الیگومیوسن در بخش جنوب‌باختری چهارگوش بصورت نواری به درازای بیش از ۲۰ کیلومتر مشاهده می‌شود و این رسوبات با یک کنگلومرای ۵ تا ۲۰ متری به ظاهر همساز روی آهک‌های ژوراسیک قرار گرفته‌است. در بخش جنوبی بصورت دو برونزد جدا از هم که یکی رسوبات کنگلومرای است با ناپیوستگی مشخصی روی آهک‌های کرتاسه، توف و ولکانیک‌های ائوسن را می‌پوشاند و دیگری ماسه سنگ و شیل تیره رنگ است که بطور نامنظمی تکرار می‌گردد و در میان آنها لایه‌های آهکی تیره نیز دیده می‌شود. رسوبات سازند قم در بخش شمال‌خاوری چهارگوش برونزد دارد و شامل مارن، آهک و ماسه سنگ می‌باشد. رسوبات توف ماسه سنگ و مارن مربوط به افق قرمز بالایی در شمال خاور چهارگوش گسترش دارند.

در چهارگوش تکاب برونزد واحدهای دیگری شامل خاکستر آندزیتی، ماسه سنگ کنگلومرای شیست سبز، سنگ آهک نیز مشاهده می‌شود. در چهارگوش کرمانشاه هم رسوبات سازند قم (به سن میوسن پائینی) وجود دارد. همچنین رخنمون‌هایی از رسوبات ماسه سنگی و کنگلومرای در چهارگوش مریوان، بانه مشاهده

شده است. در چهارگوش سنندج فعالیت‌های ولکانیکی نیز در میوسن بالایی آغاز شده است. گدازه‌های آندزیتی و سنگ‌های آتشفشانی که کوه امامزاده شیدا و پیرامون آن را شامل می‌گردد به احتمال، ادامه همین فعالیت در اواخر میوسن است.

پلیوسن

در چهارگوش سنندج سنگهای پلیوسن از دو بخش رسوبی و ولکانیک تشکیل شده اند. که شامل رس و ماسه سنگهای آهکی است که بصورت ناهمسازی، رسوبات قرمز بالایی را می‌پوشاند. در بخش ولکانیکی، گدازه‌های بازالتی جوان مشاهده شده است که در بعضی نقاط واحدهای رسوبی یاد شده (در بند قبلی) را می‌پوشاند این گدازه‌ها از جنس بازالت الیوین دار است. در چهارگوش کرمانشاه برونزدهای از کنگلومرا (سازند بختیاری) وجود دارد. همچنین در چهارگوش تکاب برونزدهایی از رسوبات رس سنگ، سنگ آهک ماسه‌ای _ کنگلومرا وجود دارد. تصویر ۲-۶ پراکندگی واحدهای رخنمون یافته سنوزوئیک را نشان می‌دهد.

کواترنری

رسوبات دوران چهارم محدوده را می‌توان به چهار افق یادگانه ها، سنگهای تراورتن، نهشته‌های رودخانه‌ای و آبرفت‌ها تقسیم کرد.

سنگهای آذرین: سنگهای آذرین را می‌توان به دو بخش عمده نفوذی و آتشفشانی تقسیم نمود که سنگهای آذرین بیرونی در بخش‌های گذشته و در پیوند با چینه‌شناسی منطقه توضیح داده شده است.

سنگهای نفوذی

پرکامبرین

توده‌های نفوذی پرکامبرین گسترش کمی در محدوده استان کردستان در برکه‌های تکاب و مهاباد دارد. در بخش شمال غربی چهارگوش تکاب قدیمی‌ترین توده‌های نفوذی پرکامبرین سازند قره‌داس (اینفراکامبرین) می‌باشد. همچنین در برکه تکاب رخنمون‌هایی از گرانیته دوران مشاهده می‌شود.

پالئوزوئیک

در چهارگوش مهاباد توده‌هایی با ترکیب سینیت درون مجموعه پرکامبرین نفوذ کرده و رخنمون‌های بسیار کوچکی در جنوب سقز را ایجاد کرده‌اند.

مزوزوئیک

بطور کلی رخنمون توده‌های نفوذی در بخش جنوبی محدوده مورد مطالعه مشاهده می‌شود. مجموعه توده‌های نفوذی مزوزوئیک در جنوب چهارگوش سنندج رخنمون دارند که این توده‌ها با ترکیب گرانودیوریتی، گابرو، گرانیت، گنیس (گرانیت-گنیس) قدیمی‌تر از کرتاسه و احتمالاً مربوط به ژوراسیک می‌باشد که به درون مجموعه‌های مزوزوئیک و پالئوزوئیک نفوذ کرده‌اند.

سنوزوئیک

توده‌های نفوذی سنوزوئیک در مناطق شمالی و باختری محدوده مورد مطالعه رخنمون دارند. در چهارگوش تکاب توده‌هایی از جنس گرانیت-دیوریت، گابرودیوریت - تونالیت در خاور و باختر شهر تکاب رخنمون دارند. در برکه‌مریوان - بانه توده‌های اولترابازیک از جنس دونیت، پیروکسنیت، لرزولیت، مربوط به مجموعه افیولیتی کرمانشاه برونزد دارند. همچنین در اطراف شهر مریوان توده‌های نفوذی از جنس گرانودیوریت، احتمالاً مربوط به ائوسن بالا- اولیگوسن زیرین به درون مجموعه‌های کرتاسه - پالئوسن نفوذ نموده‌است.

۲-۲ زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک

داده‌های مختلف زمین‌شناسی که در طی سالهای متمادی فعالیت و پژوهش زمین‌شناسان در گستره ایران زمین انجام گرفت نشان داد که فرایندهایی چون رسوبگذاری، ماگماتیسم، دگرگونی و زمین‌ساخت، پیچیدگی‌های زیادی در زمین‌شناسی ایران بوجود آورده‌است. به همین دلیل الگوی ساختاری تحولات زمین‌ساختی، شرایط رسوبگذاری ایران در دوره‌های زمین‌شناسی پیچیدگی‌های خاصی دارد. لذا بسیاری از زمین‌شناسان برجسته که فعالیت‌های زیادی در زمین‌شناسی ایران داشته‌اند و با علم به این پیچیدگی‌ها سعی در تقسیم‌بندی ایران به پهنه‌های رسوبی- ساختاری نموده‌اند. اگر چه تقسیم‌بندی‌ها تا حدی متفاوت هستند ولی اغلب در پهنه‌بندی‌ها شباهت‌های بسیاری دیده می‌شوند. از جمله دارای پوسته، حوضه‌های رسوبی گذشته، رخساره‌های سنگ‌شناسی، تحولات زمین‌ساختی و الگوی ساختاری یکسانی دارند. از جمله مهمترین تقسیم‌بندی‌های میتوان به کارهای اشتوکلین (۱۹۶۸)، نبوی (۱۳۵۵)، بربریان (۱۹۸۱) و علوی (۱۹۹۱) اشاره نمود.

در بسیاری از تقسیم بندی‌های به پهنه دگرگونی سنندج- سیرجان اشاره شده‌است. این پهنه بصورت باریکه‌ای به پهنای ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر در جنوب‌باختری ایران میانی و در شمال‌خاوری تراست اصلی زاگرس قرار دارد. بخش اعظم منطقه مورد مطالعه در این پروژه از نظر تقسیمات زمین ساختی بخش از پهنه سنندج _ سیرجان می‌باشد و در انتهای شمال باختری این پهنه قرار دارد. مرز شمال خاوری پهنه سنندج _ سیرجان با مناطق دیگر ایران مرکزی توسط فرو افتادگی‌هایی مشخص می‌شود و پس از آن کمان ماگمایی ارومیه _ دختر قرار دارد .

در پهنه زمین ساختی سنندج _ سیرجان ، پدیده‌های دگرگونی، ماگماتیسم و زمین‌ساخت پی در پی و هماهنگ با فازهای زمین‌ساختی شناخته‌شده در مقیاس جهانی در بیشترین مقدار است. به همین رو این زون ناآرام ترین و به گفته‌ای پویا ترین پهنه زمین ساختی ایران است. همانطور که در مباحث چینه شناسی اشاره گردید در استان کردستان ، بیشترین برونزد سنگهای دگرگون مربوط به مزوزوئیک می‌باشد. از دیدگاه ژئودینامیکی ، شیخ الاسلامی (۱۳۸۱) ، موارد ذیل را برای این پهنه ذکر می‌کند :

الف) بازشدگی درون قاره‌ای به سن پالئوزوئیک در حاشیه شمالی گندوانا

ب) جدا شدن ورق ایران از گندوانا در حاشیه جنوبی خود به دنبال بازشدگی تتیس جوان پس از پرمین میانی

ج) از آغاز تریاس پسین، سنگ کره اقیانوسی تتیس جوان در اثر فرورانش در زیر ورق ایران شروع به از بین رفتن می‌کند . از این زمان به بعد سنندج- سیرجان یک گوه بر افزایشی را شکل داده‌است .

د) بسته شدن تتیس جوان در انتهای مزوزوئیک

از مهمترین گسلهای واقع در استان کردستان، گسل راندگی اصلی زاگرس می‌باشد که گاه به صورت یک منطقه گسلی است و گاه شاخه‌های متعددی دارد که در منطقه کرمانشاه و کردستان دو گسل مروراید و گسل صحنه از تقسیمات گسلهای زاگرس می‌باشد.

تصویر ۲-۳

تصویر ۲-۴

تصویر ۲-۵

تصویر ۶-۲

فصل سوم

اسکارن‌های تنگستن و آهن

۱-۳ مقدمه‌ای بر ذخایر اسکارنی

واژه اسکارن اولین بار توسط تورن بوم (Tornebohm) در سال ۱۸۷۵ مورد استفاده قرار گرفت . ایشان اشاره می‌کند که این واژه در ناحیه پرزبرگ (Persberg) توسط معدنکاران مورد استفاده قرار می‌گیرد . هرچند این واژه ، واژه چندان مناسبی نیست و شاید پیرومتاسوماتیک ، واژه مناسب تری باشد ولی اسکارن متداول تر می‌باشد .

اسکارن‌ها اغلب در سطح تماس یا نزدیکی سطح تماس سنگ‌های مختلف (به ویژه سنگ‌های کربناتی) با توده‌های نفوذی پلوتونیک آذرین یافت می‌شوند. اسکارن‌ها براساس ویژگی‌های مختلفی قابل تقسیم‌بندی می‌باشند . واژه‌های اندواسکارن و اگزواسکارن به ترتیب به جایگزینی رسوبات کربناته و سنگ آذرین نفوذی در سطح تماس اشاره دارد . اگزواسکارن‌ها براساس مینرالوژی غالب آنها قابل تقسیم بندی به انواع اگزواسکارن‌های منیزیم‌دار و کلسیم‌دار می‌باشند .

به طور کلی می‌توان گفت ترکیب و بافت سنگ اولیه (Protolith) کنترل کننده ترکیب و بافت اسکارن می‌باشد . ولی ذخایر اسکارنی که از نظر اقتصادی بسیار مهم می‌باشند در اثر متاسوماتیسم بزرگ مقیاس ترکیب سیال کنترل کننده نوع اسکارن و کانی‌شناسی می‌باشد . جدول ۱-۳ مهمترین ویژگی‌های کانسارهای اسکارن را نشان می‌دهد .

جدول ۳-۱: مشخصات کلی نهشته‌های اسکارن

عمق تشکیل	متغیر ، یک تا چند کیلومتر
دمای تشکیل	از ۳۵۰ تا ۸۰۰ درجه سانتی گراد
نحوه رخداد	در مجاورت یا به طور بخشی در داخل سنگ‌های آذرین نفوذی عمیق ، غالباً در سنگ‌های کربناتی و گاهگاهی در هورنفلس ها ، شپست ها یا گنایس ها جای می گیرند .
ماهیت مناطق کانسنگ‌دار	بی نهایت نامنظم ، زبانه های کانسنگ ممکن است در طول هر ساخت صفحه‌ای موجود مانند لایه‌بندی ، درزه ها ، گسل ها و غیره قرار می گیرد. پراکندگی آن‌ها در هاله مجاورتی معمولاً نامنظم است . تغییرات ساختاری می تواند قطع شدگی ناگهانی توده های معدنی را در پی داشته باشد .
کانسنگ‌ها	Sn , Mo, Pb, Zn, C, W, Cu, Fe و غیره
کانه ها	مگنتیت ، اسپکولاریت ، گرافیت ، طلا ، کالکوپیریت ، پیروتیت ، شلیت ، ولفرامیت ، گالن ، اسفالریت ، پیریت ، مولیبدنیت ، کاسیتريت
کانی‌های باطله	کانی های اسکارنی دما بالا نظیر گروسولاریت ، هیدنبرژیت ، ایدوکراز ، اپیدوت ، اکتینولیت و لاستونیت ، دیوپسید ، انورتیت و غیره . کوارتز اگر موجود باشد به شکل دما بالا متبلور می شود . کربنات ها
دگرسانی سنگ دیواره	تشکیل گسترده اسکارن ، تکتیت و یا مرمر
بافت‌ها و ساخت‌ها	معمولاً درشت دانه ها ممکن است به دلیل جایگزینی سنگ آهک های لایه ای ، نواری باشند .
منطقه بندی	معمولاً توالی پاراژنیک بدین قرار است : سیلیکات ها ، شلیت ، مگنتیت ، کاسیتريت ، سولفیدهای فلزات پایه . این گروهها اغلب ترتیبی منطقه ای داشته و سولفیدها در دورترین نقطه بیرونی قرار می گیرند. سرب و روی معمولاً نسبت به مس در فواصل دورتری از سطح تماس مشاهده می شوند . مناطق سیلیکاتی تهی ممکن است در نزدیکی توده نفوذی حضور داشته باشد .
مثال‌ها	آهن مارمورا ، انتاریو ؛ کورنوال ، پن ؛ مس ناحیه مک کی ، ایداهو؛ ناحیه کاسپسیون دل اورو ، مکزیک ؛ روی ناحیه اسلو ، نروژ ؛ تنگستن گلدهیل ، یوتا ؛ کینگ ایلند شلیت ، تاسمانی ؛ قلع کرامت پولای ، مالزی

همان طور که اولین محققینی که بر روی اسکارن مطالعه نموده‌اند اشاره کرده‌اند، تشکیل ذخایر اسکارنی یک فرایند دینامیک می‌باشد. در بسیاری از ذخایر اسکارنی بزرگ یک تغییرات تدریجی از متامورفیسم اولیه، دور از منشأ تا متاسوماتیسم بعدی وهم جوار حاصل از اسکارن کانه دار دانه درشت وجود دارد. به دلیل گرادیان‌های حرارتی بالا و سلول‌های چرخان سیال بزرگ که توسط نفوذ ماگما ایجاد می‌گردد، دگرگونی مجاورتی می‌تواند بسیار پیچیده‌تر از مدل ساده تبلور مجدد ایزوشیمیایی ساده حاصل از دگرگونی ناحیه‌ای باشد. به عنوان مثال چرخش سیال‌ها درون شکستگی‌ها در یک سنگ اولیه (Protolith) کربناتی ساده می‌تواند واکنش‌های متفاوتی در پی داشته‌باشد. بنابراین گرادیان‌های گرمایی زیاد که در محیط‌های پلوتونیک معمول می‌باشد با متاسوماتیسم و انتقال فلزات به درون سنگ میزبان می‌تواند باعث تشکیل اسکارن‌ها و اسکارنوئیدها گردد.

سیالات متاسوماتیک پیچیده‌تر همراه با اضافه شدن ترکیباتی مثل Cu , Si , Fe و غیره می‌توانند باعث پیوستگی بین فرایندهای خالص دگرگونی و متاسوماتیک شوند. این فرایندهای دگرگونی اولیه و متاسوماتیسم بعدی با درجه بالا می‌تواند در نهایت با کاهش دما به دگرسانی قهقرایی منتهی گردد. یکی دیگر از مسائل بسیار مهم کنترل کننده اندازه، شکل هندسی و استیل دگرسانی اسکارن‌ها، عمق تشکیل می‌باشد که علاوه بر مطالعات فشارسنجی (Geobarometry) می‌توان از موقعیت چینه شناسی با تفسیرهای بافتی سنگ‌های آذرین برای تشخیص آن استفاده نمود. مشاهدات ساده‌ای چون، حاشیه‌های سرد شده، اندازه دانه‌های پورفیری، مورفولوژی پلوتون و حضور برش و سیمای شکنده (Brittle) می‌تواند به تشخیص محیط‌های کم عمق و عمیق کمک نماید.

۲-۳ طبقه بندی ذخایر اسکارن

تقسیم بندی ذخایر اسکارنی می‌تواند براساس موارد مختلفی انجام شود. به طور مثال برای این کار می‌توان سیمای توصیفی مثل ترکیب سنگ منشأ اولیه (Protolith)، نوع سنگ و فلزات اقتصادی اصلی، همینطور سیمای ژنز مثل مکانیسم حرکت سیالات و دمای تشکیل را مورد استفاده قرار داد. به نظر می‌رسد تقسیم بندی بر اساس محتوی فلزی (مهمترین عناصر تشکیل دهنده اسکارن) معمول تر از سایر روشها باشد. در مرحله بعد این تقسیم بندی براساس ترکیب، تکتونیک یا تغییرات ژنتیکی به گروه‌های دیگر

قابل تقسیم می‌باشد. بر این اساس ۷ نوع کانسار اسکارنی اصلی (طلا ، مس ، آهن ، مولیبدن ، قلع ، تنگستن و سرب و روی) مشخص شده است و کانسارهای دیگر اسکارن مثل ذخایر فلئور ، باریت ، اورانیوم و . . . به طور محلی اهمیت دارند .

۳-۳ اسکارن‌های آهن

بزرگترین ذخایر اسکارن ، اسکارن‌های آهن می‌باشند . این کانسارها عمدتاً دارای کانی مگنتیت می‌باشند و گاه محصولات فرعی آنها مس ، کبالت و نیکل می‌باشد ولی اغلب ذخایر اسکارنی آهن بدون عناصر همراه می‌باشند . اسکارن‌های آهن کلسیک در محیط‌های کمان‌های جزایر قوسی همراه با پلوتون‌های غنی از آهن می‌باشند که به درون سنگ آهک و ولکانیک‌ها نفوذ نموده‌است . در حالیکه اسکارن‌های آهن و منیزیم دار همراه با پلوتون‌های متفاوتی در جایگاه‌های تکتونیکی می‌باشد ولی عمدتاً این نوع در اثر نفوذ توده به درون دولومیت‌ها تشکیل می‌شوند .

۳-۴ اسکارن‌های تنگستن

اسکارن‌های تنگستن در بسیاری از قاره‌ها همراه با نفوذ پلوتون‌های کالک آلکالن به درون سنگ‌های مختلف در کمربندهای کوهزایی تشکیل شده‌اند . این کانسارها همراه با باتولیت‌های هم‌سان دانه و درشت بلور (همراه با پگماتیت‌ها و دایک‌های آپلیتی) احاطه شده با هاله‌های دگرگونی دما بالای بزرگ یافت می‌شوند . این سیال‌ها اغلب مربوط به محیط‌های عمیق می‌باشند . هاله‌های دگرگونی دما بالا در اسکارن‌های تنگستن فراوان هستند که دارای هورنفلس کالک _ سیلیکات ، اسکارن‌های واکنشی و اسکارنوئید می‌باشند. نیوبری و اینودی (Newberry and Einaudi, 1981) اسکارن‌های تنگستن را به دو گروه تقسیم کرده‌اند، انواع احیایی و اکسیدی . این تقسیم بندی براساس ترکیب سنگ میزبان (کربناتی و هماتیتی) ، کانی شناسی اسکارن (آهن دو ظرفیتی در مقابل آهن سه ظرفیتی) و عمق تشکیل نسبی (درجه حرارت دگرگونی و درگیر با آب زیرزمینی اکسیژن دار) انجام گرفته‌است .

در اسکارن‌های تنگستن احیایی ، اجتماع اولیه کانیایی شامل پیروکسن هیدنبرژیتی و به مقدار کمتر گارنت گرانیتی همراه با شللیت غنی از مولیبدن (پاولیت) ریز دانه و پراکنده می‌باشد . ولی در اسکارن‌های تنگستن اکسیدی ، گارنت آندراتیتی فراوان تر از پیروکسن می‌باشد و شللیت فقیر از مولیبدن می‌باشد ، فاز

آهن دو ظرفیتی فراوان تر از آهن سه ظرفیتی می باشد . به طور کلی اسکارن های تنگستن اکسیدی کوچکتر از انواع احیایی می باشند.

۳-۵ ویژگی های اکتشافی ذخایر اسکارنی

امروزه اغلب برای پی جویی مواد معدنی از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده می شود . برای استفاده از این سیستم دانستن خصوصیات زمین شناسی ، ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی ذخایر الزامی می باشد تا بتوان در سیستم از این خصوصیات بارز استفاده نمود . در این مبحث خلاصه ای از ویژگی های اکتشافی ذخایر اسکارنی تنگستن مورد بحث قرار می گیرد .

از نظر زمین شناسی ذخایر با مناطق هورنفلس نزدیک یک پلوتون برونزد یافته یا هورنفلس های روی یک پلوتون پنهان یافت می شوند. حضور لایه های آهکی نازک لایه ، خالص و یا ناخالص می تواند مهم باشد . وجود کنتاکت دارای با شیب کم بین پلوتون و سنگ آهک از نکات مهم اکتشافی می باشد . در صورت وجود سنگ منشأ مناسب (پلوتون) و سنگ میزبان مناسب (سنگ های آهکی و غیر کربناتی) تله های ساختاری و چینه شناسی در سنگ های میزبان کربناتی _ رسی در تشکیل کانسار مهم هستند . کنتاکت پلوتون _ سنگ آهکی نامنظم به ویژه از نظر زمین شناسی مهم است و در نهایت شکستگی های استوک ورکی در طول کنتاکت با اولویت می باشد .

از نظر ژئوشیمیایی نمونه برداری معمولی و مرسوم ژئوشیمیایی برای آشکارسازی آنومالی های تنگستن کمتر مؤثر و مفید می باشد. ولی نمونه برداری کلی (Bulk sampling) از آبرفت های رسوبات رودخانه های اصلی و مطالعه کانی های سنگین آنها مفیدتر است .

همینطور عناصر مس ، مولیبدن و روی اغلب با اسکارن های تنگستن یافت می شود و می توانند به عنوان ردیاب استفاده شوند و آب هایی که از مناطق دارای اسکارن تنگستنی زهکشی می شوند غنی از فلئور می باشند . از نظر ژئوفیزیکی اگر در مطالعات ژئوفیزیکی هوایی در مناطق اسکارن های تنگستن دار ، پلوتون های دفن شده کم عمق وجود داشته باشد ، از نظر مغناطیسی ممکن است ویژگی خاص آنها یک مغناطیس بالا با یک مرکز مغناطیس پایین همراه باشند

در تصاویر ماهواره ای چند طیفی، آنومالی های همراه با مناطق پیریت دار (اکسیده) در مناطق هورنفلس میتواند در اکتشاف این کانسارها مهم باشد .

ابزار مفید برای اکتشاف در مطالعات صحرایی لامپ ماورای بنفش می باشد که می تواند در طول روز استفاده شود و مناطقی که وجود شللیت محرز گردید در طی شب مورد پی جویی و تحقیق قرار گیرد . بسیاری از موارد ذکر شده در خصوص ویژگی های زمین شناسی مناطق اسکارنی برای کانسارهای آهنی اسکارن نیز قابل استفاده می باشد ، زیرا این کانسارها در منطقه کنتاکت توده های نفوذی و سنگ های رسوبی به خصوص سنگ های آهکی و رسوبات تخریبی کربنات دار تشکیل می شوند . تشکیل اسکارن ها اغلب با دگرسانی گرمابی در سنگ های میزبان به خصوص سنگ های کربناتی و ولکانیک های بازیک که با واکنش های مختلف (در اثر خنثی شدن محلول های اسیدی) همراه است . بنابراین انواع مختلفی از دگرسانی ها مثل سیلیسی شدن ، کلریتی شدن ، اپیدوتی شدن و یا آلبیتی شدن سنگ میزبان تشکیل می شود .

۳-۶ ذخایر اسکارن ایران

اگرچه چگونگی تشکیل برخی از ذخایر در ایران کاملاً شناخته نشده است ولی برخی از کانسارهای ایران مشخصاً به صورت اسکارنی تشکیل شده اند. ذخایر اسکارنی گسترش قابل ملاحظه ای در محیط های زمین شناسی ایران دارند و برخی از ذخایر مهم ایران از نوع اسکارنی می باشند . از مهمترین ذخایر اسکارنی شناخته شده ایران ، ذخایر آهن سنگان (در خراسان رضوی) ، ذخایر آهن گل گهر (یکی از نظریات در خصوص آنها تشکیل اسکارنی و دگرگونی بعد از تشکیل می باشد) ، ذخایر آهن گلالی ، آهن شهرک ، کانسار مس پورفیری - اسکارن سنگون و ... می باشند . برخی از اندیس های معدنی استان کردستان نیز از نوع اسکارنی هستند و به طور کلی پتانسیل تشکیل و اکتشاف این نوع ذخایر در این استان بالا می باشد . از ذخایر اسکارنی آهن در این منطقه می توان به کانسار آهن گلالی و شهرک اشاره کرد .

فصل چهارم

آماده‌سازی و پردازش داده‌ها

۱-۴ مقدمه ای بر روش های مدل سازی اکتشافی با استفاده از تکنیک های تلفیق و GIS

هدف از این مطالعه تجزیه و تحلیل داده ها می باشد که منجر به استنباط مفاهیم خاصی از داده ها می شود. این امر میتواند به روشهای مختلفی همچون مشاهده و یا عملیاتی چون اندازه گیری ، محاسبات آماری، انطباق دادن مدل های خاص بر روی مقادیر داده ای و یا روشهای دیگر صورت بگیرد که نهایتاً قابلیت پیش بینی و توانایی اخذ تصمیم می باشد.

مدلسازی با استفاده از جبر نقشه ای و به کمک مدلهایی صورت میگیرد که دربرگیرنده قوانین تلفیق لایه های اطلاعاتی است. در این مطالعه بر اساس نقشه های زمین شناسی، ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی ناحیه ای و محل قرارگیری کانسارها و اندیسهای معدنی، بخش هایی از این زونهای عمومی برای مطالعات دقیق تر انتخاب میشوند. تهیه نقشه پتانسیل معدنی یکی از شاخصترین کاربردهای GIS در زمین شناسی است.

تهیه نقشه پتانسیل معدنی در چهار مرحله انجام میشود:

۱- ارائه مدل اکتشافی

۲- جمع آوری داده های مکانی

۳- پردازش داده های مکانی

۴- مدل سازی

مدل کانسار با تفسیری از فرآیند کانسار همراه است که برای معرفی معیارهای اکتشافی مفید می باشد. با توجه به این که در تهیه نقشه های پتانسیل معدنی مدلی که مورد استفاده قرار میگیرد بر اساس مدل کانسار با توجه به کانی زایی قرار دارد ولی از آنجا که مدل کانسار معمولاً تکیه زیادی به ویژگی های خود کانسارها یا مناطق اطراف آنها دارد در نتیجه مدل مورد نظر به مدل اکتشافی نزدیکتر می باشد. مدل اکتشافی شامل تمام متشکله های مدل کانسار است که با توجه به داده های ناحیه ای و نیز نشانه های معدنی موجود در منطقه قابل اعمال بر عملیات اکتشافی می باشد.

مدل اکتشافی بخصوص زمانی که لایه های اطلاعاتی بر اساس روش های تکیه بر دانش ارزش گذاری می شوند، اهمیت زیادی پیدا میکند. در این روش ها ارزش دادن به لایه های اطلاعاتی مختلف و نیز کلاس های مختلف هر یک از لایه ها طبق نظر کارشناس و بر اساس مدل اکتشافی صورت میگیرد.

بعد از برقراری مدل اکتشافی ، داده‌های مناسب از منابع مختلف جمع‌آوری گردید. داده‌ها و منابعی که در مطالعه مورد استفاده قرار گرفته‌اند شامل موارد زیر می‌باشند:

- داده‌های زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی
- داده‌های ژئوفیزیکی
- داده‌های حاصل از مطالعات دورسنجی
- داده‌های ساختاری

۴-۲ روش کار

مراحل ساخت و تولید نقشه‌های پتانسیل GIS بطور کلی در چهار مرحله زیر انجام می‌شود:

- ۱- ساخت یک مدل توصیفی از کانسار مورد بررسی
- ۲- ساخت و آماده سازی مجموعه‌ای از داده مکانی مورد نظر
- ۳- پردازش داده‌ها
- ۴- تلفیق و ترکیب داده برای بدست آوردن نقشه نهایی

در زیر اشاره ای مختصر به هر یک از این مراحل می‌شود:

۴-۲-۱- مدل توصیفی از کانسار مورد نظر (Conceptual Model)

مدل توصیفی در اینجا همان مدل کانسار است که نوع کانسار مورد بررسی و محیط تشکیل آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. که به آن مدل اکتشافی نیز گفته می‌شود که تشکیل می‌شود از تمام مؤلفه ها و شاخص‌هایی که در مقیاس مختلف بر مبنای برداشت‌های ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی، تصاویر ماهواره‌ای و زمین شناسی برای آن کانسار مورد بررسی دیده می‌شود.

مدل اکتشافی می‌تواند راهنمای خوبی برای انتخاب داده‌های مورد استفاده باشد. همینطور در روش‌هایی که بر مبنای قضاوت کارشناس است می‌تواند برای وزن دادن و ارزش‌دهی مورد استفاده قرار بگیرد .

روش‌های استفاده شده برای آماده نمودن نقشه های رخدادی از داده‌های خام اولیه بر مبنای مدل اکتشافی کانسار میباشد. بطور مثال نزدیکی و مجاورت بین واحدهای زمین شناسی خاص می‌تواند در کانسارهای

اسکارن با اهمیت باشد ولیکن در کانسارهای پلاسری اهمیت می‌باشد.

۴-۲-۲ ساخت بانک اطلاعاتی

ساخت یک پایگاه داده از اطلاعات موجود بیشترین وقت و زمان را در اکثر پروژه‌های GIS به خود اختصاص می‌دهد. این داده‌ها می‌تواند بصورت اشکال و اندازه‌های متفاوت بر حسب فرمت و ساختار داده‌ها موجود باشند. داده‌های زمین شناسی بایستی بصورت رقومی شده باشند، داده‌های ژئوشیمیایی معمولاً نقطه‌ای و بصورت فایل‌های ASCII شامل مختصات نمونه‌های آنالیز عناصر هستند که این داده برای مورد استفاده قرار گرفتن بایستی بصورت نقشه‌های شبکه‌ای درآورده شوند. داده‌های ژئوفیزیکی و تصاویر ماهواره‌ای نیز بصورت شبکه‌های عددی حاوی مقادیر مورد نظر می‌باشند. در اکثر موارد داده‌های مورد استفاده بصورت رقومی می‌باشند. در غیر این صورت این داده‌ها بایستی بصورت رقومی و قابل فهم برای کامپیوتر در آورده شوند.

۴-۲-۳ پردازش داده‌ها

این مرحله شامل پردازش داده‌های اولیه خام برای رسیدن و استخراج نقشه‌های رخدادی به منظور پیش‌بینی کانسار مورد نظر می‌باشد. بطور مثال میتوان به برخی از روشهای پردازش به صورت زیر اشاره داشت:

- معمولاً نقشه‌های زمین‌شناسی از واحدهای متعدد و زیادی تشکیل شده‌اند که این واحدها بایستی برحسب مدل اکتشافی به یکسری واحدهای کمتر و ریزتر طبقه‌بندی شوند.
- کنتاکت‌های بین بعضی از واحدهای زمین‌شناسی می‌تواند مهم باشد. این درجه اهمیت با دور شدن از مرکز تماس به صورت فواصل راهرویی (Buffering) بیان می‌شود.
- استفاده از روش‌های آنالیز چند متغیره مثل فاکتور آنالیز برای کم کردن تعداد متغیرها برای بررسی و تفسیر راحت داده‌ها مفید می‌باشد.
- بکارگیری و استفاده از فیلترهای مناسب در وضوح و شناسایی بیشتر داده‌های ژئوفیزیکی و تصاویر ماهواره‌ای

۴-۲-۴ تلفیق داده‌ها

مرحله آخر شامل ترکیب نقشه‌های رخدادی مختلف به یک یا چند نقشه پتانسیل مطلوب است. بر حسب نوع وزن و انتخاب نقشه‌های رخدادی و نوع ترکیب می‌توان نقشه‌های نهایی زیادی تولید کرد. نوع ترکیب

داده‌ها می‌تواند بر حسب روش‌های برگرفته از داده‌ها (مثل Wofe) و روش‌های برگرفته از تجربه و شناخت کارشناس (مثل منطق فازی) باشد. در روش اوزان شاخص (Wofe) وزن دهی به لایه بر اساس ارتباط معنی دار بین هر لایه با کانسارهای شناخته شده موجود می‌باشد و در روش منطق فازی وزن دهی و ترکیب لایه‌ها بوسیله یک کارشناس ماهر آشنا به منطقه انجام می‌شود.

۳-۴ توصیف مدل اکتشافی در کانی‌سازی اسکارن

زمین‌شناسی کانسار: این ذخایر اغلب دارای کانیهای عناصر قلع، تنگستن و مولیبدن می‌باشد که به‌مراه باطله‌های اسکارنی در ارتباط با توده نفوذی وهمبری آن با دیگر سنگها به خصوص سنگهای رسوبی از نوع کربناتی یافت می‌شوند.

مثال‌های کانسار: معدن پاین کریک (pine Creek) در کالیفرنیا، ناحیه میل سیتی در نوادا و ناحیه کریک راک در منوتول از مثالهای ذخایر تنگستن اسکارنی می‌باشد.

ذخایر همیافت یا ذخایری که بطور منشأیی مرتبط با این نوع می‌باشد: عبارتند از ذخایر روی اسکارنی، گرایزن‌های قلع، رگه‌های کوارتز، کاسیتريت، سولفید، رگه‌های کوارتز، تورمالین، واستوک‌ورک‌های قلع، تنگستن، مولیبدن.

ویژگیهای ژئوفیزیک اکتشافی: جهت اکتشاف این کانسار، ژئوفیزیک به منظور تعیین لوکوگرانیتهای شدیداً تفریق یافته استفاده می‌شود تا پاسخ مگنتیت پائین، گرانی‌سنجی پائین و مقادیر رادیومتری بالا را مشخص نمایند.

روش‌های مغناطیس سنجی زمینی و پلاریزاسیون القایی می‌تواند برای مشخص کردن مرز بیرونی کانسار مورد استفاده قرارگیرد. زیرا، مگنتیت، پیروتیت و کانیهای سولفیدی در این ذخایر فراوان هستند.

سنگ‌های میزبان: این ذخایر دارای سنگ میزبان از نوع کربنات شامل سنگ آهک دولومیت، مرمر و سنگهای کربناتی آرژیلیت و شیل هستند، که در کنتاکت استوک‌های گرانیتهای، پلوتون‌ها یا باتولیت‌ها قراردارد.

دگرسانی سنگ دیواره: دگرسانی سنگ دیواره شامل توسعه وسیع گرایزن، دگرسانی سریسیتی و سیلیسی است. سنگهای نفوذی همراه با اسکارنهای تنگستن ممکن است به اجتماع اندو اسکارنی دگرسان شوند که دارای میکا، کلسیت و پیریت است.

ژئوشیمی عناصر کمیاب: در این کانسارها عناصر $Mn, Fe, As, B, Bi, Sn, Zn, Cu, Zn, Mo, W$ آنومالی نشان میدهند.

جایگاه تکتونیکی: حاشیه قاره‌ها، پلوتونیسیم همزمان با کوهزایی و گاه جایگاههای پشت کمان تراستی ضخیم شده

سن کانی سازی‌ها در جهان: عمدتاً مزوزوئیک می‌باشد ولی می‌تواند هر سنی داشته‌باشد.

۴-۴- منطق‌های مدلسازی اکتشافی

مدلسازی پتانسیل معدنی برای یافتن مناطق امیدبخش بر اساس منابع و اطلاعات مختلفی از شواهد موجود می‌باشد. محاسبه پتانسیل معدنی از طریق تلفیق و ارزش دادن به شواهد یا نقشه‌های نشانگر صورت می‌گیرد. بطور کلی ارزش گذاری و وزن دادن به نقشه‌ها می‌تواند به دو روش انجام گیرد:

۱- تجزیه و تحلیل اهمیت نقشه‌های نشانگر در رابطه با کانسارها و اندیسهای معدنی شناخته شده در منطقه

۲- قضاوت شخصی کارشناس

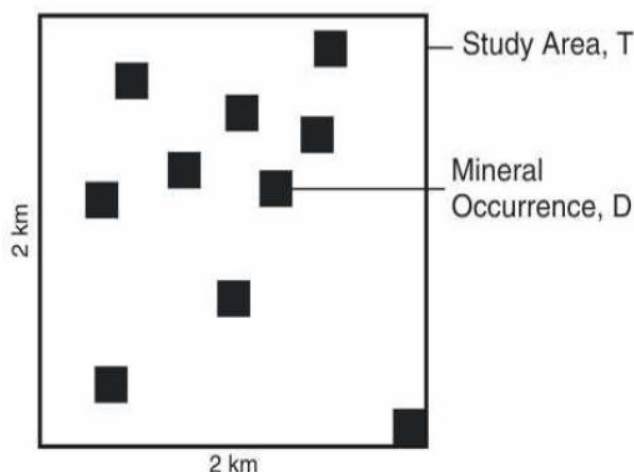
بعبارت دیگر نسبت دادن وزن‌ها می‌تواند با استفاده از روش‌های تکیه بر داده و یا تکیه بر دانش صورت بگیرد. بطور کلی قوانین فیزیکی و شیمیایی حاکم بر تشکیل کانسارها پیچیده‌تر از آن هستند که بتوان مستقیماً آنها را از روی تئوری ریاضی نتیجه‌گیری کرد. پیش‌بینی کانسارهای معدنی باید بر مبنای روابط تجربی و به کمک مدل توصیفی کانسار صورت بگیرد. مطالعه کانسارهای مختلف منجر به تشخیص تیپ‌های مختلفی گشته که هر یک شامل تعدادی کانسار حقیقی است. ویژگی‌های مشترک این کانسارها تا آن اندازه کافی است که بتواند بعنوان یک مدل توصیفی عمل کرده و در یافتن کانسارهای جدیدی از آن گروه یاری جست.

در این گزارش از روش منطق‌فازی استفاده شده‌است ولی جهت آشنایی به هر یک از دو روش اشاره‌ای مختصر خواهد شد.

۱-۴-۴ روش وزن‌های رخدادی (Weight of Evidence)

این روش بر مبنای تئوری احتمالات شرطی (Bayesian) استوار است و اولین بار توسط بونهام کارتر (۱۹۹۴) مطرح شد. این روش بر اساس داده‌های اولیه موجود (نقاط آموزشی)، یک ارتباط مکانی را با نقشه‌های رخدادی (بطورمثال تمرکز عناصر) برقرار کرده که خروجی آن بصورت قوانین احتمالات بیان می‌شود. ورودی‌ها می‌توانند بصورت نقشه‌های دوتایی یا حتی چند کلاسه باشند ولیکن نقشه‌های دوتایی ترجیح داده می‌شود چون راحت‌تر و سریع‌تر برای تفسیر هستند و وزن‌هایی با واریانس پایین از آنها تولید می‌شود یکی از مهمترین کلیات استفاده شده در این روش مباحث احتمالات اولیه (prior) و احتمالات پسین (Posterior) است. برای درک این موضوع فرض کنید در یک منطقه مطالعاتی (شکل شماره ۱-۴) به ابعاد ۲ در ۲ کیلومتر مربع با توزیع اندیسه‌های معدنی (D)، که ابعاد این اندیس ها ۱۰۰ در ۱۰۰ متر باشند هستیم.

احتمال اولیه کشف کانسار معدنی ($P\{D\}$) بدون در نظر گرفتن اطلاعات شناخته شده برابر با $P\{D\} = N\{D\}N\{T\}$ می‌باشد که در آن



تصویر ۱-۴: توزیع اندیس‌های معدنی در یک منطقه فرضی

تعداد سلول‌های واحد در برگیرنده کانساری معدنی $N\{D\} =$

تعداد سلول‌های واحد منطقه مطالعاتی $N\{T\} =$

اندازه هر سلول واحد (Unit Cell) در این جا برابر با ۱۰۰ در ۱۰۰ متر است در نتیجه احتمال اولیه کشف یک کانسار برابر با ۱۰/۴۰۰ یعنی ۲/۵ درصد می شود.

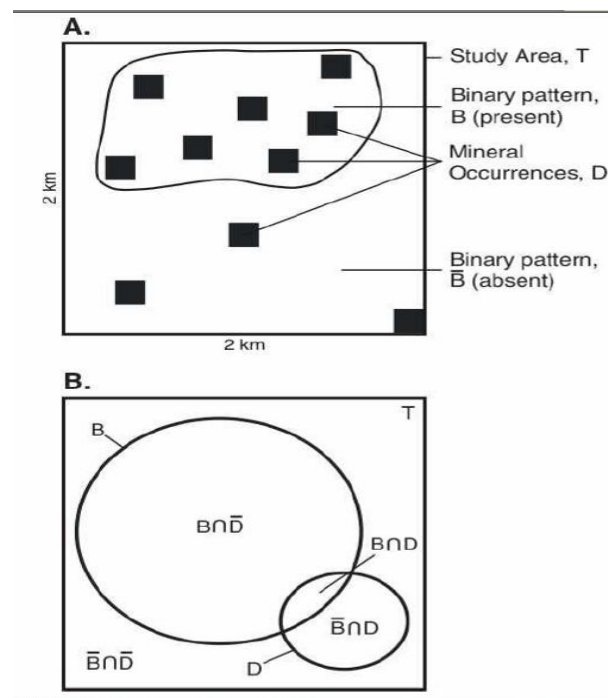
حال با وجود نقشه های رخدادی $X, X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ می توانیم احتمال شرطی (Posterior) $(P\{D\}X)$ را محاسبه کرد. همانطور که در شکل شماره ۴-۲ مشاهده می شود با اضافه شدن یک نقشه رخدادی بصورت دوتایی (B)، که هفت اندیس بالایی را در بر گرفته است، احتمال شرطی طبق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$P\{D\} = B\{D\}P\{B\}$$

احتمال اولیه = احتمال شرطی

که در آن $P\{B/D\}$ برابر با $\frac{7}{10}$ و $P\{B\}$ برابر $\frac{100}{400} = \frac{\{B\}}{N\{T\}}$ می باشد.

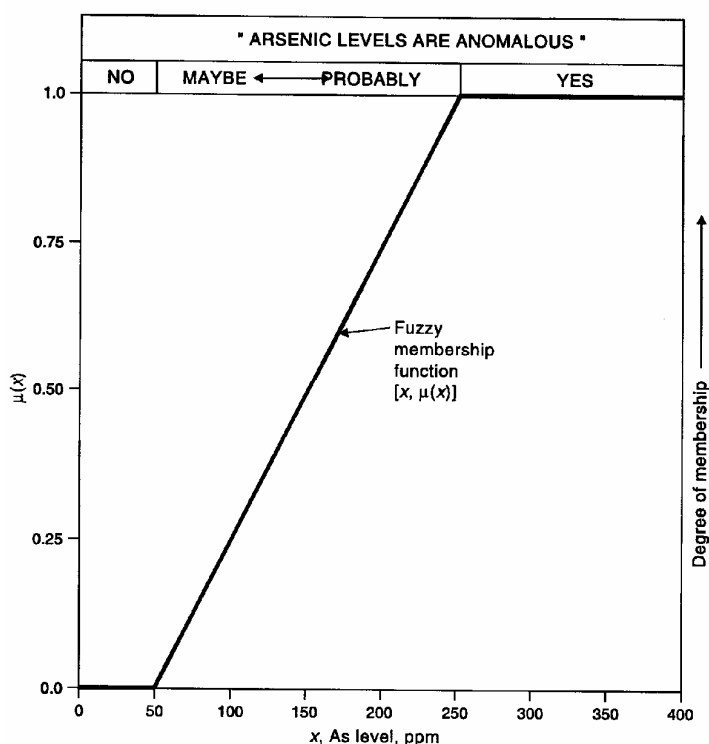
در نتیجه احتمال شرطی با وجود نقشه دوتایی B برابر ۷ درصد یعنی حدود ۳ برابر بیشتر از حالتی که نقشه دوتایی وجود نداشت. همینطور در این روش از یک ضریب بنام ضریب تباین (Contrast) حاصل از تفاضل وزنه های مثبت W^+ و وزنه های منفی W^- برای انتخاب حد آستانه در نقشه های پیوسته (Continuous) به نقشه های دوتایی استفاده می شود که فرمول این اوزان بصورت زیر می باشند.



تصویر ۴-۲: احتمال شرطی با افزودن یک نقشه رخدادی (B) در یک منطقه مفروض

۲-۴-۴ روش منطق فازی (Fuzzy Logic)

در آمار کلاسیک عضویت در یک مجموعه بصورت صفر یا یک بیان می‌شود، حال آنکه در منطق فازی این عضویت بصورت پیوسته از صفر (بی ارزش در مجموعه) تا یک (با ارزش در مجموعه) توصیف می‌شود. انجام و فهم این روش آسان است و براساس تجربه و شناخت کارشناس از منطقه مورد مطالعه استوار می‌باشد. بطور مثال با داشتن آنالیز مقادیر آرسنیک در رسوبات رودخانه‌ای می‌توان درجه عضویت هر یک از مقادیر را بصورت شکل شماره ۳-۴ نشان داد. در این شکل مقادیر کمتر از 50 ppm (با ارزش صفر) و مقادیر بالاتر از 250 ppm (با ارزش یک) و مقادیر بین این دو را بصورت یک تابع خطی در نظر گرفته شده است.



تصویر ۳-۴: درجه عضویت (اوزان) آرسنیک بر حسب مقادیر آنالیز آن

حال با داشتن دو یا چند نقشه که عضویت‌های فازی در آن لحاظ شده باشد می‌توان با استفاده از یکسری عملگرها این نقشه‌ها را با هم ترکیب کرد. در این رابطه پنج عملگر بنام‌های فازی AND، فازی OR، فازی product و فازی SUM و فازی گاما وجود دارند که بصورت زیر شرح داده می‌شوند.

فازی AND

این عملگر معادل با عملگر AND بولین در آمار کلاسیک می‌باشد و بصورت زیر بیان می‌شود.

$$\mu = \text{کمترین} (\mu_A, \mu_B, \dots)$$

که در آن μ_B, μ_A مقداری عضویت فازی در نقشه‌های B, A است. بطور مثال فرض کنید دو تابع عضویت با مقادیر $0/5$ و $0/75$ در یک عملگر فازی AND کمترین آنها یعنی $0/5$ بدست خواهد آمد. این عملگر بصورت محافظه کارانه عمل می‌کند و جایی استفاده می‌شود که دو یا چند نقشه بایستی در کنار باشند تا نتیجه درستی حاصل شود.

فازی OR

این عملگر معادل با عملگر OR بولین در آمار کلاسیک است و خروجی آن بیشترین مقدار هر یک از نقشه‌های ورودی را به خود اختصاص می‌دهد بصورت زیر:

$$\mu = \text{بیشترین} (\mu_A, \mu_B, \dots)$$

در مواقعی که شواهد کانی‌سازی در بین نقشه‌های موجود کمتر دیده می‌شود و وجود هر شاخص مثبت می‌تواند برای ارائه نقشه نهایی مناسب باشد، استفاده می‌شود.

فازی Product

تابع عضویت برای این عملگر بصورت حاصلضرب زیر تعریف می‌شود:

$$\mu = \prod_{i=1}^m \mu_i$$

که μ_0 تابع عضویت برای m تا نقشه رخدادی می‌باشد. خروجی همیشه کوچکتر یا معادل با کوچکترین عضویت است. بنابراین یک اثر کاهنده‌ای روی مقادیر اعمال می‌کند. و برخلاف فازی OR, AND تمام مقادیر عضویت در نتیجه نهایی متأثر خواهند بود.

فازی Sum

این عملگر مکمل فازی product و بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i)$$

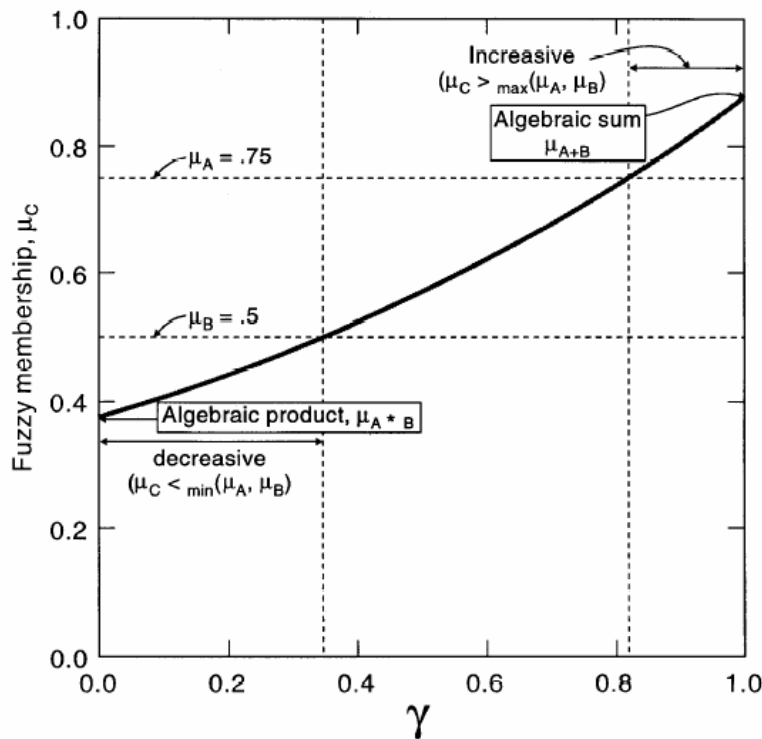
نتیجه همیشه بزرگتر یا معادل با بزرگترین مقدار تابع عضویت فازی می‌باشد. بنابراین یک اثر فزاینده دارد.

عملگر گاما (Gamma)

این عملگر بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu = (\text{فازی Product})^{1-\gamma}, (\text{فازی Sum}) = \text{ترکیب } \mu$$

که در آن γ بصورت یک پارامتر انتخابی بین صفر و یک بیان می‌شود. وقتی γ برابر با یک می‌شود. عملگر به Sum تبدیل و وقتی که γ برابر صفر می‌شود عملگر به Product تبدیل می‌شود. با انتخاب مناسب γ می‌توان از اثرات کاهنده و افزایشنده این دو عملگر در نتیجه نهایی بصورت قابل انعطافی استفاده کرد. تأثیرات مقدار γ در شکل شماره ۴-۴ نشان داده شده است.



شکل شماره ۴-۴ اثر مقدار گاما بر روی عضویت فازی

بجای ترکیب همه نقشه‌های ورودی در یک مرحله و با یک عملگر، نقشه‌های رخدادی می‌توانند در مراحل متفاوتی با هم ترکیب شوند و نقشه پتانسیل نهایی را تولید کنند. به این نقشه‌هایی که در مراحل میانی تولید می‌شوند شبکه واسط (Interference Network) می‌گویند. انتخاب و تعریف درست این لایه‌های میانی یکی از مهمترین قسمت‌های انجام یک مدل سازی به روش منطق فازی است که با استفاده از تجارب و شناخت کارشناس از داده‌ها انجام می‌شود. یعنی ابتدا باید داده‌هایی که دارای یک ماهیت و یک خاصیت هستند (مثل مجموعه عناصر ژئوشیمیایی) را با هم ترکیب و سپس در مراحل بعدی از آن استفاده کنیم.

پردازش داده‌ها با توجه به مدل اکتشافی و فاکتورهای مهم در کانی‌زایی صورت می‌گیرد. نتیجه این مرحله بدست آمدن نقشه‌های نشانگری می‌باشد که جهت پیش‌بینی محل‌های مناسب برای کانی‌زایی مورد استفاده

قرار می‌گیرند. در این گزارش نقشه‌های نشانگر به روش وزندهی و روش منطق فازی با یکدیگر تلفیق شده‌اند.

منظور از پردازش داده‌ها، نگاهی جهت‌دار به هر دسته از داده‌ها است. این بررسی‌ها و پردازش داده‌ها بصورت نقشه‌ای قابل نمایش است که به آن نقشه نشانگر اطلاق می‌شود.

نقشه‌های نشانگر می‌توانند به صورت نقشه‌های دوتایی (binary) و یا به صورت چند کلاسی (multi-class) باشند. نقشه‌های دوتایی به این معناست که به مناطق با ارزش بالا عدد یک و سایر مناطق عدد صفر اختصاص داده می‌شود. در نقشه‌های چند کلاسی، عارضه‌ها می‌توانند ارزش‌های وسیع‌تری داشته باشند.

۴-۵ بررسی و آماده‌سازی داده‌ها

۴-۵-۱ مقدمه

جمع‌آوری و بررسی داده‌های مورد نیاز بیشترین وقت پروژه را به خود اختصاص داده‌است. اطلاعاتی که در این پروژه، جمع‌آوری و بررسی گردیده‌است شامل داده‌های اندیس و نقاط معدنی، داده‌های زمین‌شناسی، داده‌های ژئوشیمی، داده‌های ژئوفیزیک، داده‌های توپوگرافی و داده‌های ماهواره‌ای می‌باشد.

۴-۵-۲ داده‌های زمین‌شناسی

بدلیل پراکندگی وعدم یکپارچگی، همچنین وسعت داده‌های زمین‌شناسی، گردآوری اطلاعات نقشه‌های زمین‌شناسی، یکی از زمانبرترین قسمت‌های انجام پروژه بود.

محدوده استان کردستان شامل ۱۸ برگه زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ می‌باشد که این برگه‌ها عبارتند از قجور، تکاب، چاپان، سقز، آلت، بیجار، دیواندره، باینجوب، مریوان، بانه، قروه، سنندج، تیزتیز، پاره، کامیاران، میانراهان، گرماب و کوهین. از تعداد این ۱۸ برگه، فایل رقومی ۱۳ برگه موجود بوده که بعد از تصحیحات مورد نیاز (text و جا افتادگی بعضی از خطوط پلی‌گون‌ها) مورد استفاده قرار گرفته‌است. فایل رقومی نقشه‌های باقیمانده نیز تهیه گردیده و پس از رقومی سازی و اصلاحات ضروری مورد استفاده قرار گرفت. تصویر ۴-۵ و ۴-۶ نقشه‌های زمین‌شناسی استان کردستان همچنین نقشه‌های رقومی استان را با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ نشان می‌دهد.

تصویر ۴-۵

تصویر ۴-۶

۴-۵-۲-۱ گسل‌های زمین‌شناسی

گسل‌های زمین‌شناسی استان کردستان نیز بصورت یک لایه جدا، از نقشه‌های زمین‌شناسی استخراج شد. بررسی‌ها نشان می‌دهد گسل‌های محدوده مورد مطالعه به طور واضح از لحاظ کانی‌سازی اسکارن در مقیاس مورد مطالعه با توجه به انطباق اندیس‌های معدنی موجود از روند خاصی با لایه گسل‌های زمین‌شناسی پیروی نمی‌کنند. این نبود ارتباط معنی‌دار را می‌توان به قرارگرفتن منطقه مورد مطالعه در چندین ناحیه ساختاری متفاوت نسبت داد. تصویر ۴-۷ و بررسی آنها نشان می‌دهد که گسل‌ها در کانی‌سازی اسکارن‌ها دخالت چندانی مهمی ندارند. بنابراین از این لایه اطلاعاتی در مدلسازی استفاده نگردید.

تصویر ۴-۷: گسلها و اندیسهای منطقه

۴-۵-۳ داده‌های توپوگرافی

استان کردستان دارای فلات‌های مرتفع و خشک و دشت‌های حاصلخیز مانند دشت مریوان، دشت اوباتو، دشت ئیلاق یا دهگلان، دشت قروه و دشت کامیاران است.

مهمترین ارتفاعات استان عبارتند از کوه بزرگ شاهو در سنندج که بلندترین کوهستان استان کردستان میباشد، همچنین برانان در غرب دیواندره، کوه عوالان در میان گاورود و کامیاران، قره داغ در شمال بیجار، گوژه در بین دهگلان و سنندج قرار گرفته‌است. با بررسی توپوگرافی منطقه کمترین و بیشترین ارتفاع در محدوده مورد مطالعه به ترتیب ۲۸۴ متر و ۳۵۶۰ متر میباشد.

در راستای آماده‌سازی داده‌ها، اطلاعات توپوگرافی استان کردستان آماده و بررسی گردید و با انطباق نقاط اندیس‌های معدنی با توپوگرافی منطقه مطابق شکل ۴-۸ و بررسی آن مشخص گردید که کانی‌سازی آهن (عمدتا اسکارن) یک ارتباطی نسبتاً معنی داری را با داده‌های توپوگرافی نشان می‌دهد یعنی اکثر اندیس‌های آهن موجود در یک تراز ارتفاعی بالای ۱۹۰۰ متر قرار گرفته‌اند. ولی هیچ ارتباطی بین داده‌های توپوگرافی و دیگر اندیس‌ها (مانند تنگستن) دیده‌نشد. بنابراین این لایه اطلاعاتی تنها در مدلسازی تیپ آهن مورد استفاده واقع شد.

تصویر ۴-۸: dem منطقہ

معرفی کانسارها و اندیسه‌های معدنی موجود در استان

یکی از لایه‌های مهم اطلاعاتی جهت مدلسازی اکتشافی استفاده از اندیسه‌ها و معادن موجود می‌باشد. این اندیسه‌ها و معادن در دوگروه فلزی و غیر فلزی تقسیم‌بندی میشوند که با توجه به موضوع پروژه فازهای فلزی و متالورژی کانسارها و اندیسه‌های معدنی مرتبط با تیپ کانی‌زایی اسکارنهای آهن و تنگستن مد نظر می‌باشد. کانسارها و اندیسه‌های فلزی استان کردستان شامل کانسارهای سرب و روی، آهن، طلا و مس است که بطور خلاصه به آنها اشاره می‌شود.

برگه سنندج :

در این محدوده اکتشافی با توجه به حضور دگرسانی‌های وسیع هر دو نوع پتانسیل ذخایر فلزی و غیر فلزی در منطقه دیده می‌شود. از مهمترین مصارف غیرفلزی در این محدوده شیل‌های کرتاسه است که جهت تهیه آجر و مصالح ساختمانی به مصرف می‌رسد.

در برگه سنندج کانسار فلزی مس که بصورت رگه‌ای در ولکانیک‌های آندزیتی صلوات آباد در جنوب شهر سنندج دیده می‌شود .

وجود ذخایری از آهن بصورت اولیژیست و هماتیت در کوه سرمه علی قابل مشاهده است.

برگه قجور:

معدن آهن شهرک بعنوان بزرگترین ذخیره آهن با ذخیره‌ای معادل ۴۲ میلیون تن کانسنگ و عیار متوسط ۶۵٪ Fe_2O_3 در جنوب روستای شهرک مورد بهره برداری قرار گرفته است.

کانسار سنگ آهن که شامل منیتیت و هماتیت است در منطقه‌ای بطول ۷ کیلومتر و عرض ۳ کیلومتر و با امتداد شمالی - جنوبی در ۹ ناحیه رخنمون دارد. کمر پائینی کانسار را اسکارن، دولومیت و گاه سنگ آهن تشکیل می‌دهد و کمر بالای کانسار را نیز اسکارن و سنگ‌های ولکانیکی می‌پوشاند.

کانسار اکتشافی مس صائین در برگه قجور: این کانسار در فاصله ۲/۵ کیلومتری جنوب خاوری روستای صائین قرار دارد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد این کانسار ذخیره‌ای معادل ۸۱۸۰۷ تن با عیار متوسط ۲/۵ درصد را داراست و در حال حاضر غیرفعال است و تنها کانسار اکتشافی مس در ورقه قجور می‌باشد. در

ورقه یکصد هزارم قجور می‌توان از ذخایر معدنی غیرفلزی نظیر نمک و گچ و شن و ماسه و سنگ ساختمانی و سنگ‌لاشه و پرلیت و سیلیس نام برد که از بعضی از این ذخایر مثل نمک و گچ و شن و ماسه در حجم اندک و محلی توسط بخش خصوصی بهره‌برداری میشود .

برگه کوهین:

در این محدوده توده‌های نفوذی و ولکانیکها هردو دیده‌میشوند و از لحاظ پتانسیل معدنی، ذخایر فلزی و غیرفلزی موجود میباشد. مهمترین معدن فلزی، معدن طلا و آنتیموان ساری‌گونی میباشد که در جنوب غرب در داخل ولکانیکهای آندزیت، داسیت و بازالت وجود دارد و در شمال خاوری قروه قرار گرفته‌است. کانسنگ آنتیموان نیز در همان محدوده ساری‌گونی در محدوده روستای بهارلو- داشکسن در شمال روستای بهارلو تا جنوبشرق روستای داشکسن به مساحت تقریبی ۴۵/۵ کیلومتر مربع می‌باشد. عمده سنگهای این محدوده آندزیت- بازالت می‌باشد که حدود ۷۰٪ سطح منطقه را پوشانده‌است.

برگه میانراهان:

با توجه به اینکه این محدوده از لحاظ لیتولوژی ادامه افیولیت‌های کرمانشاه در منطقه می‌باشد پس طبیعتاً پتانسیل کانسار فلزی و غیرفلزی در منطقه وجود دارد. با توجه به حضور سنگهای مافیک و وجود گسل‌های منطقه، پتانسیل کانسار منیزیت دیده‌میشود. از جمله کانسارهای فلزی که میتوان انتظار داشت فلز مس، منگنز، کروم و طلا همراه با سری افیولیتی میباشد. در شمال باختری منطقه و در مجاورت توده گابرو دیوریتی جنوب قروه کانی‌سازی آهن بصورت منیتیت، دارای منشا اسکارنی است که در نهشته‌های آهکی مجاور سنگهای نفوذی تمرکز یافته‌است .

برگه سنقر:

ویژگیهای زمین‌شناسی سنگهای نفوذی ، زمینه کلی کانه‌زایی را در منطقه فراهم کرده‌است. براین مبنا که خاستگاه کلی آنها ماگمایی و بصورت اسکارن در سیستم‌های موجود در سنگهای ولکانوسدیمتر پدیدار شده‌اند. به آثار کانه‌زایی کانسار آهن خسروآباد در شمال خاوری سنقر میتوان اشاره نمود که در میان واحدهای ولکانیکی-کربناته سنقر جای دارد و ژنز آن را میتوان احتمالاً به تیپ اسکارن نسبت داد.

برگه چاپان:

جمع‌آوری تعدادی از اثرات معدنی، رگه‌های کانی ساز و دگرسانیهای گسترش یافته در ناحیه طی نمونه‌برداری و عملیات چکشی، حضور برخی از کانیهای باارزش اقتصادی همچون آهن، طلا، جیوه، شلیت، آرسنیک و آنتیموان را ثابت مینماید.

برگه باینچوب:

با توجه به بررسی‌های صحرائی بعمل آمده و نتایج مطالعات آزمایشگاهی، مجموعه پتانسیل‌های معدنی موجود در ورقه باینچوب شامل رخدادهایی از طلا، باریت، سیلیس، بوکسیت و لاتریت، سنگهای تزئینی و نما و پودر سنگ (کربنات کلسیم) می‌باشد. براساس بررسی‌های فوق این برگه از لحاظ پتانسیل فلزات پایه ضعیف و غیر قابل توجه می‌باشد و تنها باریت و تا حدودی سنگهای تزئینی و نما از نظر اقتصادی می‌تواند مورد توجه قرارگیرد.

برگه آلوت:

مجموعه پتانسیلهای معدنی موجود در ورقه آلوت شامل رخدادهایی از طلا، نقره، فلزات پایه (سرب و روی و مس)، آهن، باریت، پیروفیلیت، سیلیس، گرافیت، لاتریت و سنگ ساختمانی می‌باشد. در این برگه دو تیپ کانه‌زایی طلا قابل توجه است که اولی مرتبط با پهنه‌های برشی و دومی از نوع سولفیدهای توده‌ای با میزبان ولکانیک می‌باشد. در ورقه آلوت، کانسنگ آهن بصورت نوار یا عدسی‌های منیتیتی و هماتیتی در حوالی روستاهای قادرآباد، بهرام آباد و گلینار مشاهده شده‌است که همگی در واحدهای متاریولیتی جایگیری شده‌است.

برگه قروه:

محدوده‌های معدنی اعم از دگرسانی، اندیس اکتشافی و معادن منطقه عمدتاً تحت تاثیر ولکانیکها و توده‌های نفوذی ایجاد شده‌اند. در جنوب محدوده توده‌های نفوذی گرانودیوریت، کوارتز مونزونیت و گرانیت‌های پورفیری باعث دگرگونی آهکها و تبدیل آنها به مرمر جهت استخراج میشود. دایکهای گرانیتی و آپوفیزهای آپلیتی در منطقه نفوذ کرده‌اند و باعث کانه‌زایی شده‌اند. از لحاظ پتانسیل فلزی این منطقه ضعیف می‌باشد و فقط در بعضی قسمتها در واحد دیوریتی بصورت اندیس آهن دیده میشود.

کانسار آهن گلالی در برگه قروه واقع شده است . با توجه به رخنمونها و شواهد روی زمین توالی چینه‌شناسی زیر را میتوان برای این کانسار بیان کرد:

۱- سنگ آهک مرمری شده

۲- سنگ درونگیر کانسنگ که تناوبی از لایه های ضخیم آهک و نازک شیست است.

۳- اسکارن: این واحد همراه با اپیدوت‌های فراوان در همبری با توده نفوذی دیده میشود.

کانسنگ آهن در پیکره عدسیهای کوچک و بزرگ گسترش دارد، کانسنگ اصلی سنگ آهن منیتیت می‌باشد که در بخشهایی کاملاً هماتیتی شده‌اند.

علاوه بر این آثار پراکنده‌ای از آهن در ارتباط با گرانیتها در کوه کمرسیاه، شمال میهم بالا و پیرامون روستای تکیه بالا را میتوان نام برد.

برگه سقز:

در محدوده ورقه سقز بررسی های ژئوشیمیایی و اکتشافات چکشی تعدادی نشانه واثر معدنی و آنومالی ژئوشیمیایی مس، طلا، سرب و روی و جیوه را معرفی نموده است که شرح آنها بصورت زیر است:

مهمترین کانی‌سازی شناسایی شده مس در ورقه سقز کانسار آهن- مس حسن سالاری است که در یک زون اسکارن در تماس توده گرانیتی حسن سالاری با واحد آهکی پرمین بصورت نواری بطول بیش از ۵۰۰ متر و ضخامت ۲-۱۰ متر رخنمون دارد. کانی اصلی آن منیتیت و هماتیت است و مس بصورت کالکوپیریت و مالاکیت درون شکستگیها گرد آمده است.

از دیگر کانی‌سازی های مس نوع اسکارن میتوان به نشانه معدن قشلاق قاضی اشاره نمود که کانی‌سازی مس در تماس میان یک توده کوچک گرانیتی بیوتیت - آمفیبول دار (شبه گرانیت حسن سالاری) با واحدهای آهکی کرتاسه پدید آمده است. سایر نشانه ها و آثار معدنی مس در ورقه سقز از نوع رگه‌ای است.

در منطقه حسن سالاران کانی‌سازی عمدتاً در ارتباط با توده گرانیتی می‌باشد که اغلب در اثر فرآیندهای گرمایی در نقاط ضعف (خلل و فرج، درزه ها و شکستگی ها) شیلها صورت گرفته است. اکسیدهای آهن (به صورت منیتیت‌های اغلب مارتیتی شده، هماتیت، لیمونیت و گوتیت) و با به شکل آغشتگی در سطوح رخ وسطوح درزه‌های سنگهای آهک، شیل و گرانیت در نقاط مختلف محدوده مطالعه شده قابل رویت است. علاوه

برکانی سازی هیدروترمال در دو محدوده به نامهای تپه قلعه و تپه پچه مر (جنوب خاوری روستای رنگریزان) کانی سازی از نوع اسکارنی در وسعتی محدود به تعداد ضعیف (حداقل در سطح) صورت گرفته است. هر دو محدوده اسکارنی در کنتاکت گرانیت و آهک پالئوزوییک می باشند. کانی اصلی و غالب تشکیل شده در هر دو محدوده اسکارنی منیتیت است. که اغلب به هماتیت و لیمونیت تبدیل شده است. (برنا و سهیلی، ۱۳۷۶)

- کانسار آهن صاحب، در ۳۶ کیلومتری جنوب خاوری سقز از نوع اسکارن آهن بوده و در محل کنتاکت توده نفوذی بیوتیت گرانودیوریت این منطقه با سن کرتاسه - پالئوسن وسازند کربناته آهک دولومیتی روته به سن پرمین تشکیل شده است. محل دقیق رخنمون کانسار در جنوب روستای پایشخان واقع شده است. سنگ معدن از نوع منیتیت می باشد که کانیهای دیگر نظیر پیریت، کالکوپیریت، مالاکیت، آمفیبول و گارنت آنرا همراهی می کنند. کانسنگ منیتیتی با بافت توده ای و ساخت لزی شکل درون بخش مرمری قرار گرفته است. بدلیل گسله بودن مرز بخش اسکارنی (مرمر) و کربناته سازند روته، با توجه به شواهد صحرایی نمی توان راجع به عمق تشکیل کانسار به طور دقیق قضاوت نمود ولی وجود برخی شواهد از قبیل گسترش کم، دگرسانی قهقرایی، گسترش طولی زیاد (نسبت به ضخامت)، اختلاف زیاد ضخامت لنزهای منیتیتی و بانند مرمری در برگیرنده آن، احتمال عمیق بودن محیط تشکیل اسکارن را می توان انتظار داشت. این کانسار تنها به لحاظ عنصر آهن می تواند مورد توجه قرار گیرد.

برگه دیواندره:

کانسار آهن ظفر آباد در فاصله ۱۲ کیلومتری شمال باختر دیواندره و جنوب روستای ظفر آباد قرار گرفته است. سنگهای فراگیر کانه را دو سری سنگ کاملاً متفاوت از نظر جنس تشکیل می دهند:

۱- سنگهای آهکی مربوط به پرمین ۲- سنگهای آذرین بازیک و بازیک دگرگون شده که کانه بیشتر با این سنگهای آذرین در آمیخته است.

هرچند که گهگاه در میان لایه های سنگ آهک نیز کانه آهن بصورت عدسیهای کوچک دیده می شود. به هرحال خاستگاه کانه آهن در این کانسار ماگمای بازیک است.

از بررسی های زمین شناسی صحرایی چنین بنظر می رسد که هر سه مجموعه یعنی سنگهای آهکی، ولکانیک و سنگ آهن همزاد متعلق به پرمین است. کانه شامل منیتیت و هماتیت و عیار میانگین آن حدود ۶۳٪ آهن است.

برگه کامیاران:

توانهای معدنی فلزی در گستره این برگه شامل چند نشانه معدنی واندیس از منگنز(در ارتباط نزدیک با گدازه های بازالتی زیر دریایی کرتاسه بالایی و رسوبات سیلیسی-کربناتی آهندار پوشاننده آنها)، اندیسهای مس(که دارای ارزش اقتصادی نیستند و تنها بطور موضعی گزارش شده اند و محدودند) و کروم می باشد.

برگه تکاب:

در محدوده این برگه نشانه های معدنی فراوان و معادن فعال و متروکه ای یافت میشود که از اندیسهای فلزی به اندیس طلادر شمال چیچکلو، اندیس آهن خاور چهارطاق و شمال چیچکلو، سرب و روی معدن متروکه شمال آی قلعه سی میتوان اشاره نمود.

برگه بانه:

در منطقه مورد مطالعه شماری نشانه معدنی سیلیس، سنگ ساختمانی، تالک، مس و نقره مشاهده شده است.

برگه تیژتیز:

در این برگه چند آنومالی فلزی یافت شده که از جمله به آنومالی کرومیت بویدر، کانی زایددر شمال شویشه بصورت کالکوپیریت، مالاکیت و پیریت، کانی سازی طلادر روستای دربنده میتوان اشاره کرد.

برای اختصار جدول شماره ۴-۳ جهت معرفی اندیسها و مناطق معدنی فلزی موجود در استان ارائه شده است.

جدول شماره ۳-۴

ادامه جدول شماره ۳-۴

۴-۵-۵ داده‌های ژئوشیمی

این منطقه شامل ۱۹ برگه آلود، سقز، چاپان، تکاب، قجور، بانه، مریوان، باینجوب، دیواندره، بیجار، پاوه، تیزتیز، سنندج، قروه، کوهین، گرماب، کامیاران، میانراهان و سنقر می‌باشد.

اطلاعات برگه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ باینجوب، کامیاران، تیزتیز، قروه و آلود (شرکت توسعه و علوم زمین) و برگه‌های چاپان، بانه، مریوان، سقز، قجور، و تکاب (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی) و میانراهان، کوهین و سنندج موجود می‌باشد.

لازم به ذکر است که برگه گرماب توسط شرکت کاوشگران در دست تهیه می‌باشد و اطلاعات ژئوشیمی مربوط به برگه‌های دیواندره، بیجار، سنقر و پاوه موجود نبود.

در جدول شماره ۴-۴ تعداد نمونه‌های سیلت آنالیز شده در هر برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ در استان، به همراه نام آزمایشگاه آنالیز نمونه‌ها نشان داده شده است. همینطور در تصویر ۴-۹ نقشه‌های ژئوشیمیایی و نقاط نمونه‌برداری با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ نمایش داده شده است.

جدول شماره ۴-۴ تعداد نمونه‌های سیلت آنالیز شده در هر برگه ۱:۱۰۰۰۰۰

نام برگه	تعداد نمونه‌های سیلت	نام آزمایشگاه
Ghorveh	727	Tozco
Chapan	897	Tozco,GSI
Bayanjoob	805	Tozco,GSI
Kamyaran	761	Tozco
Tizhtizh	801	Tozco
Marivan	251	Tozco
Baneh	78	Tozco
Alut	855	Tozco
Saqez	1063	jianjil
Takab	846	GSI
Ghojor	518	GSI
Sanandaj	540	-
Mianrahan	836	GSI
Koohin	803	-

نقشه ۹-۴ برگه های ژئوشیمیایی

۴-۵-۶ داده‌های ژئوفیزیک

اطلاعات ژئوفیزیک هوایی بکارگرفته‌شده در استان کردستان شامل دوسری داده می‌باشد:

۱- اطلاعات ناحیه‌ای

این اطلاعات صرفاً شامل داده‌های مغناطیسی بوده که بین سالهای ۱۹۷۴ و ۱۹۷۷ میلادی توسط شرکت Aero service (Houston, Texas) به روش ژئومغناطیس هوایی برای سازمان زمین‌شناسی جمع‌آوری گردیده‌است.

برداشتهای هوایی فوق با فاصله خطوط ۷/۵ کیلومتر و فاصله خطوط کنترلی ۴۰ کیلومتر انجام شده‌است. هواپیمای بکار رفته یک هدایت‌گر هوایی دو موتوره بوده که یک مگنتومتر بخار سزیم با حساسیت ثبت ۰/۰۲ گاما را حمل کرده است، برداشت در برکه‌های ۱:۲۵۰,۰۰۰ تکاب و سنندج با ارتفاع بارومتریک ۷۰۰۰ تا ۸۰۰۰ پا در برکه مهاباد ۶۵۰۰ تا ۸۰۰۰ پا همچنین در برکه بانه ۸۰۰۰ پا و در برکه کرمانشاه با ارتفاع ۵۵۰۰ تا ۸۰۰۰ پا صورت گرفته‌است.

با استفاده از تصحیحات مربوطه شامل حذف Spike تصحیح lag و تصحیح روزانه و حذف Microleving, leveling, IGRF پایگاه اطلاعات مغناطیس سنجی منطقه تهیه گردیده لذا جهت داشتن اطلاعات یکپارچه برای کل استان با استفاده از روش grid knitting و با متد Suture Stitch نقشه شدت کل مغناطیسی استان کردستان تهیه گردید که مطابق شکل (۴-۱۰) نشان داده شده‌است.

با استفاده از نقشه شدت کل میدان مغناطیسی مرز واحدهای مغناطیسی، ساختارها همچنین مناطق امیدبخش و انطباق بی‌هنجاریها با واحدهای زمین‌شناسی مشخص می‌شود که در بیشتر موارد این واحدهای مغناطیسی با یک واحد زمین‌شناسی خاص متناسب می‌باشد.

جهت تفسیر داده‌های مغناطیسی فیلترهای متفاوتی بر روی نقشه شدت کل میدان مغناطیسی اعمال گردیده‌است. اولین فیلتر اعمالی، فیلتر برگردان به قطب (Reduction to pole) می‌باشد. با استفاده از این فیلتر میدان مغناطیسی از یک عرض مغناطیسی که در آن بردار میدان زمین مایل و شیب‌دار است به قطب مغناطیسی یعنی جایی که میدان القایی قائم می‌باشد، منتقل می‌گردد زیرا اگر میدان زمین مایل باشد شکل بی‌هنجاری‌های مغناطیسی که بصورت القایی بوجود آمده‌اند نسبت به منابع بوجود آورنده نا

متقارن خواهد بود ولی در صورتی که میدان القایی قائم باشد بی‌هنجاریهای بوجود آمده در اثر القاء مغناطیسی بر روی منبع خودشان قرار می‌گیرند.

لذا تفسیر اساسی داده‌های مغناطیس هوائی معمولاً بر روی تصاویر مختلف برگردان به قطب صورت می‌گیرد. اعمال این فیلتر با استفاده از زاویه میل (Inclination) و انحراف مغناطیسی (Declination) منطقه مورد بررسی صورت می‌گیرد. که در شکل (۴-۱۱) آورده شده است.

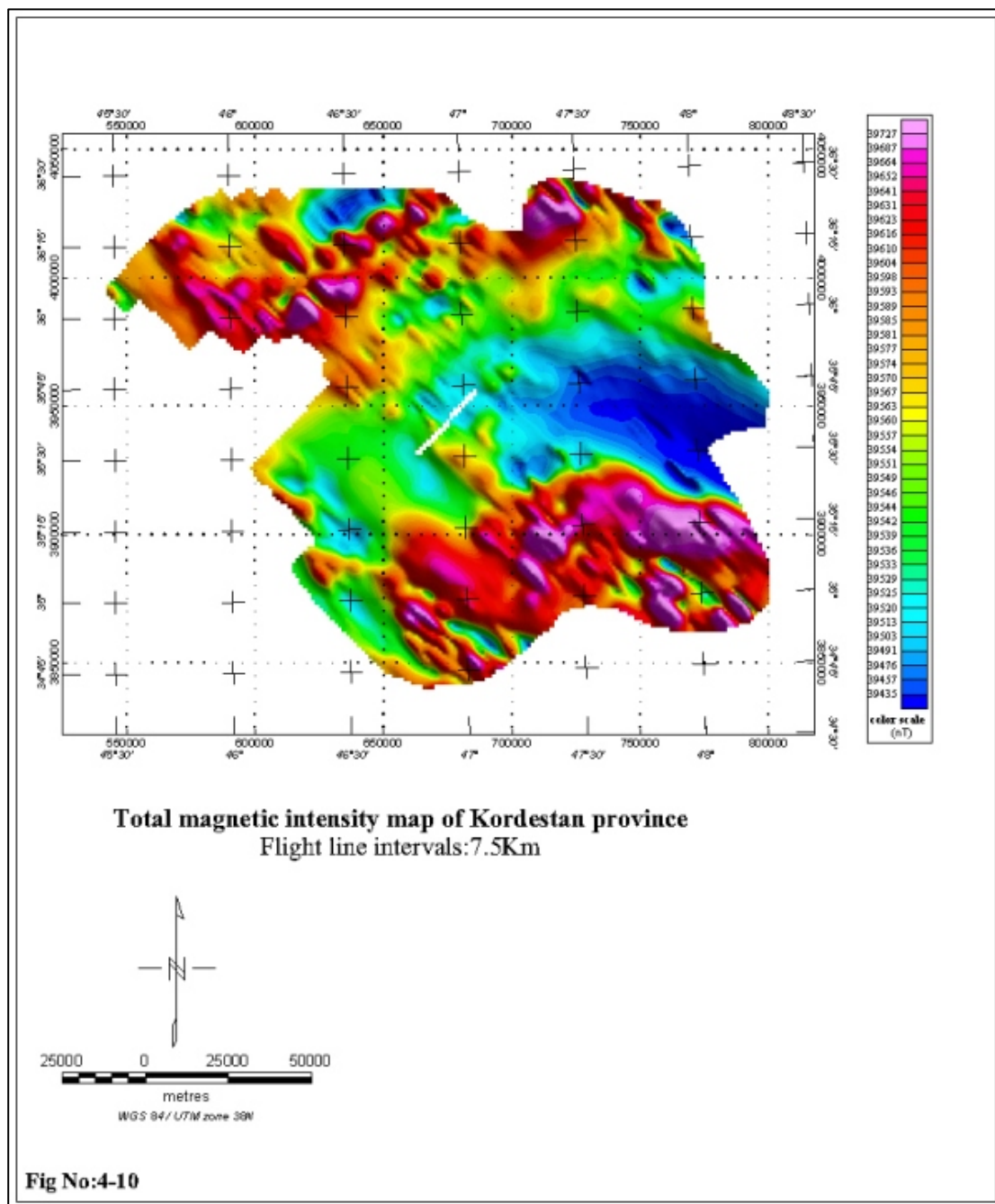
جهت حذف اثرات ناحیه‌ای با طول موج بلند و تداخل بی‌هنجاری‌های مجاور از فیلتر مشتق قائم استفاده می‌شود. مشتق قائم در واقع یک فیلتر بالاگذر می‌باشد زیرا فرکانس‌های بالا را نسبت به فرکانس‌هایی پائین افزایش می‌دهد، در نتیجه اثر بی‌هنجاری‌های بزرگ که مربوط به منابع عمیق و منطقه‌ای می‌باشند بر روی بی‌هنجاری‌های کوچک از بین رفته و بی‌هنجاری‌های کوچک و محلی بخوبی نمایان می‌گردند که نقشه مشتق قائم در شکل شماره ۴-۱۲ نمایش داده شده است.

۲ - اطلاعات محلی

این اطلاعات که شامل سه برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ تکاب-چاپان-قجور- و بخشی از برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سقزمی باشد که شامل اطلاعات مغناطیس سنجی و رادیومتری (پتاسیم - توریم - اورانیوم) بوده که بین سالهای ۱۹۷۶-۱۹۷۸ توسط سه شرکت خارجی استیرکس استرالیا، پراکلاسیزموس آلمان و CGG فرانسه برای سازمان انرژی اتمی برداشت گردیده است.

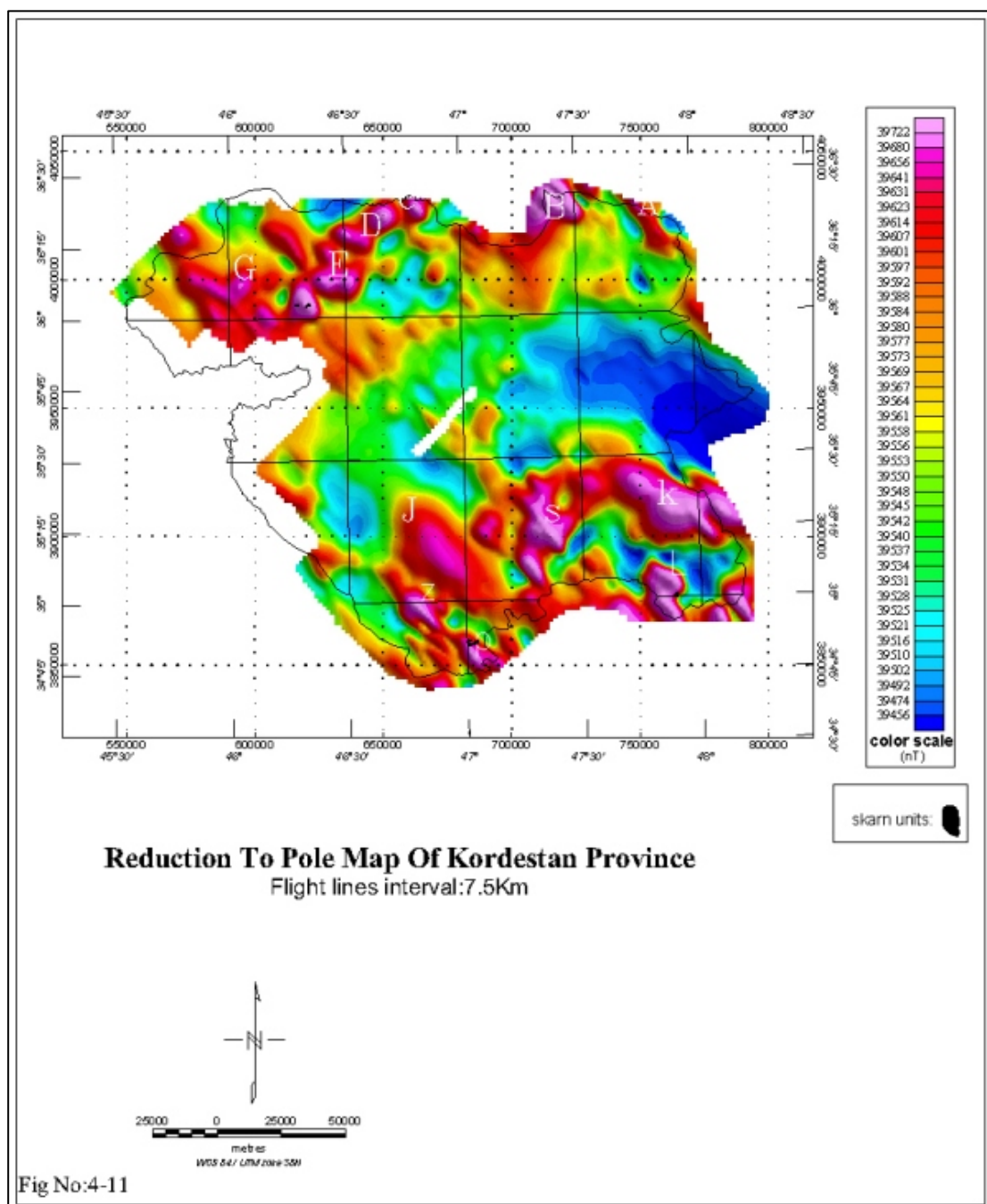
در این برداشت فاصله خطوط پرواز ۵۰۰ متر و فاصله خطوط کنترلی ۵۰۰ متر و ارتفاع پرواز ۱۲۰ متری باشد. نقشه‌های شدت کل میدان مغناطیسی هریک از برگه‌های مذکور در شکل‌های (۴-۱۳، ۴-۱۴، ۴-۱۵ و ۴-۱۶) آورده شده است.

تصویر ۴-۱۰ نقشه شدت کل میدان مغناطیسی استان کردستان با استفاده از اطلاعات ناحیه‌ای

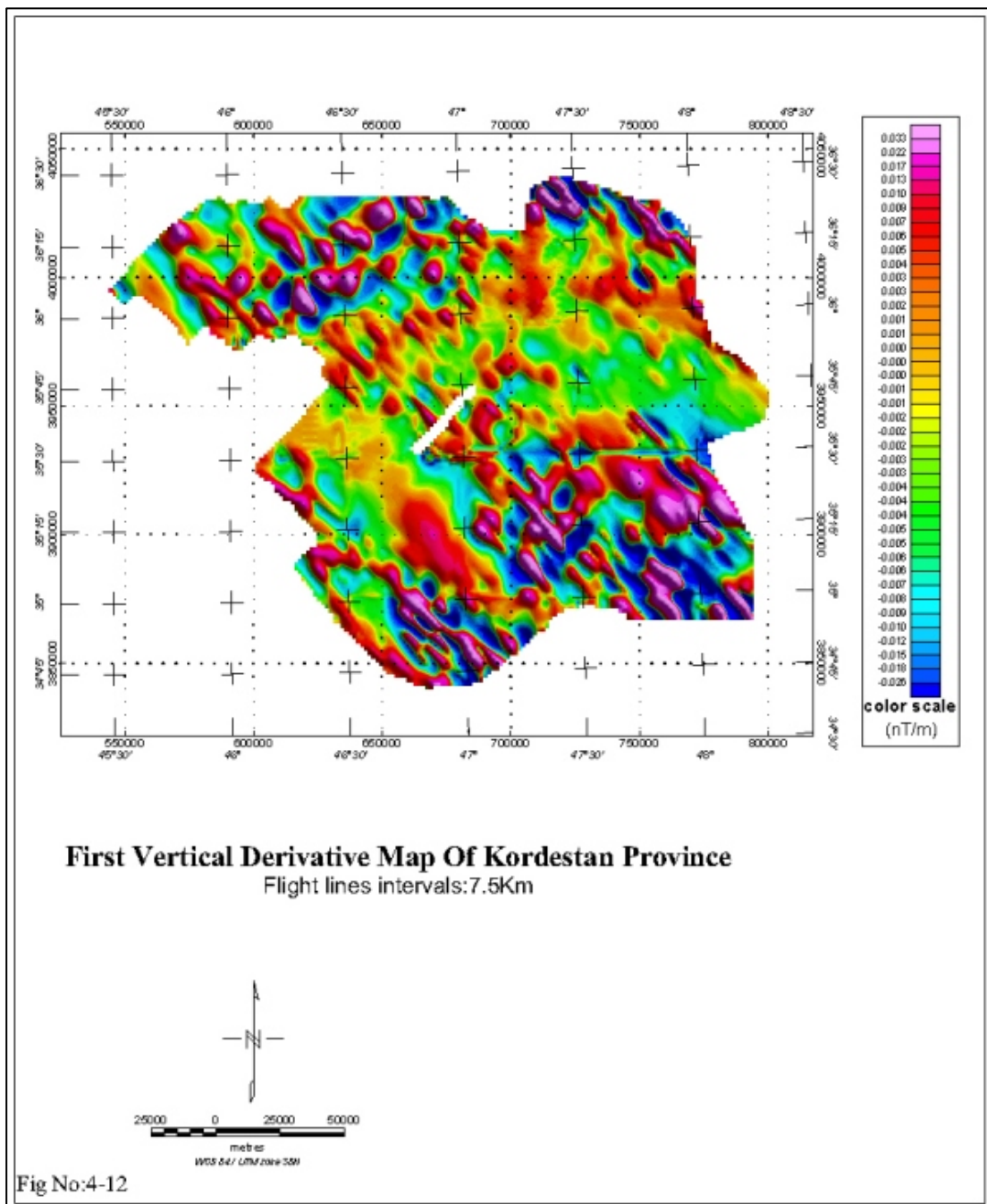


تصویر ۴-۱۱ نقشه برگردان به قطب شدت کل میدان مغناطیسی استان کردستان با استفاده از اطلاعات

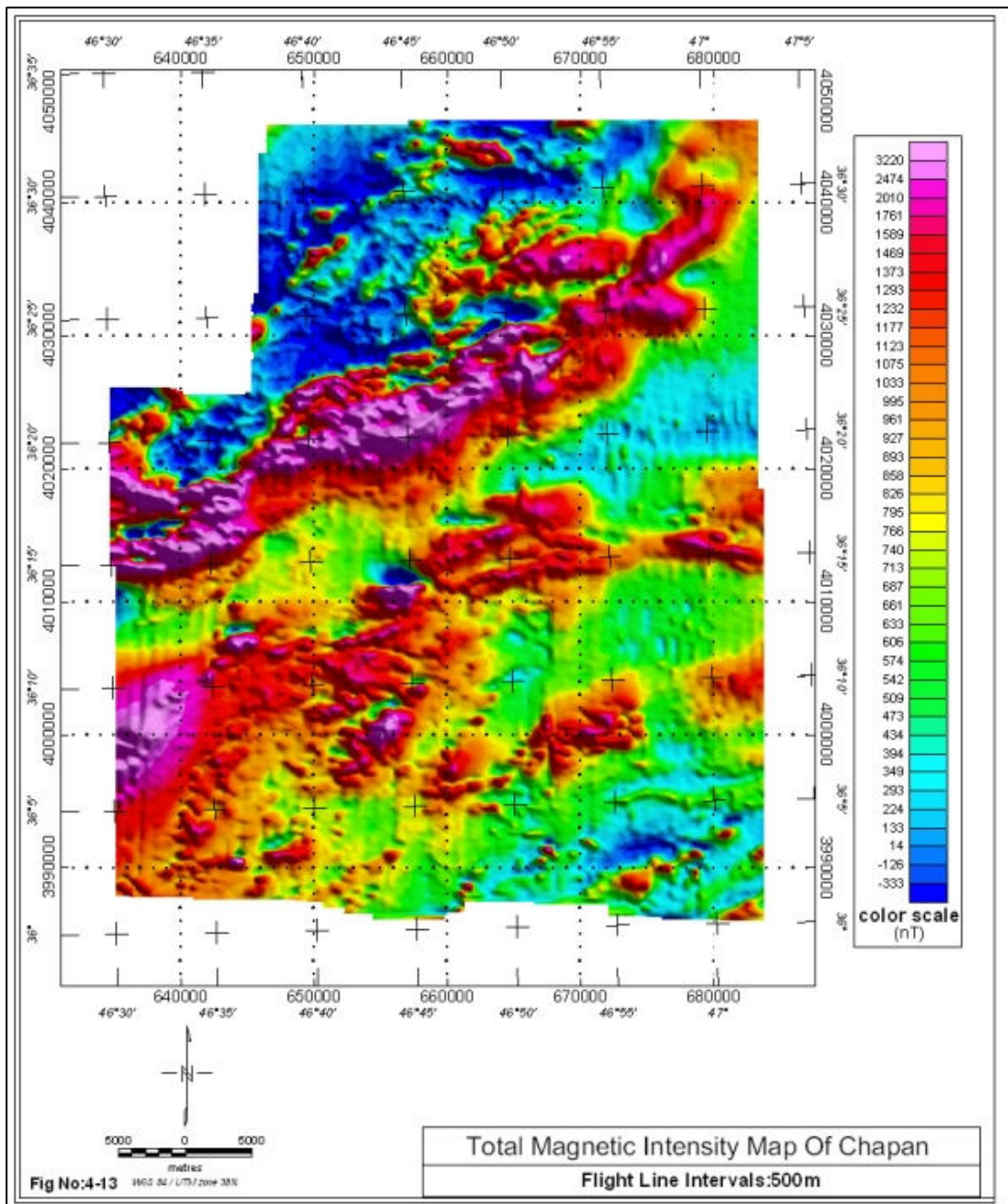
ناحیه‌ای



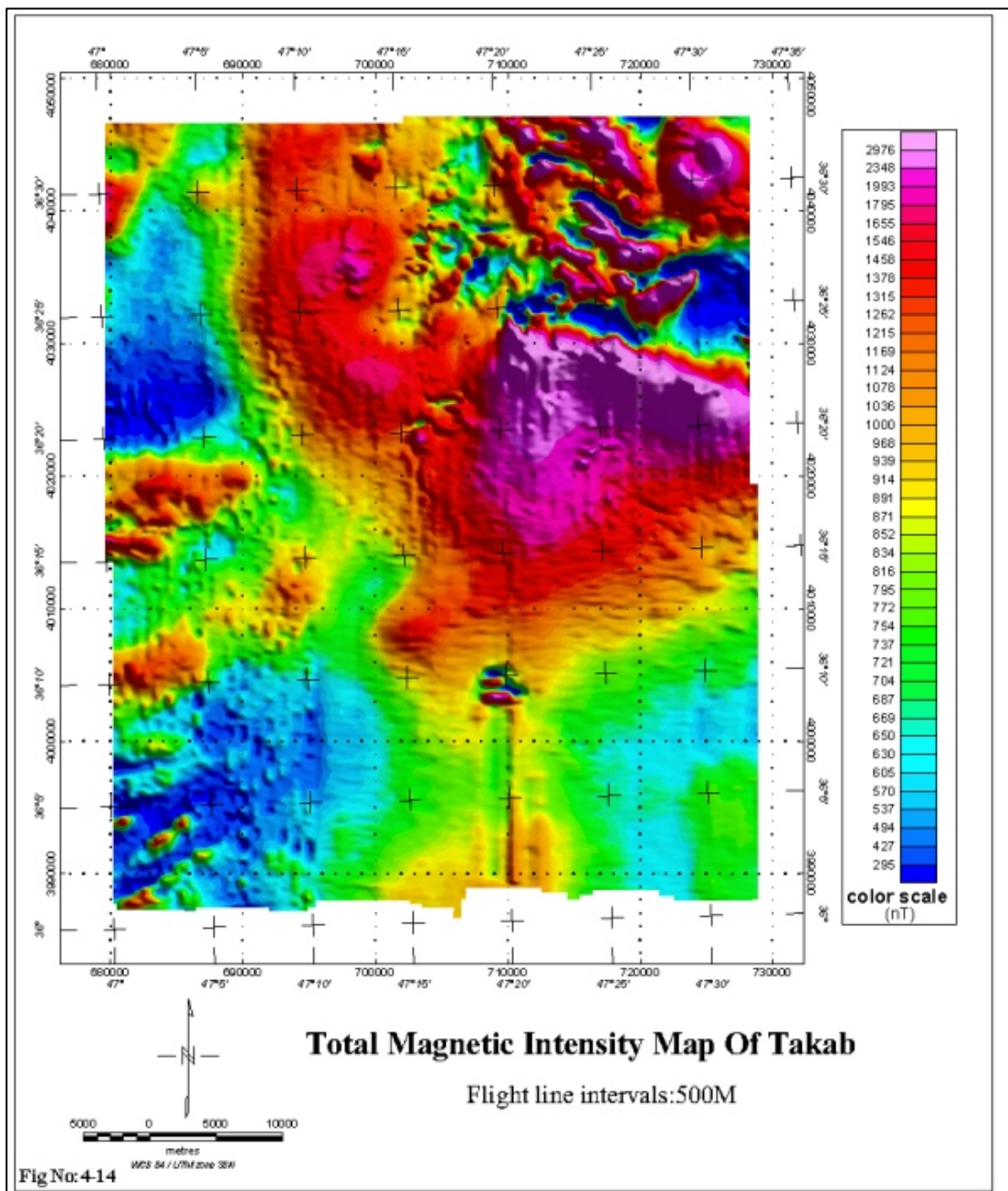
تصویر ۴-۱۲ نقشه مشتق اول قائم استان کردستان با استفاده از اطلاعات ناحیه‌ای



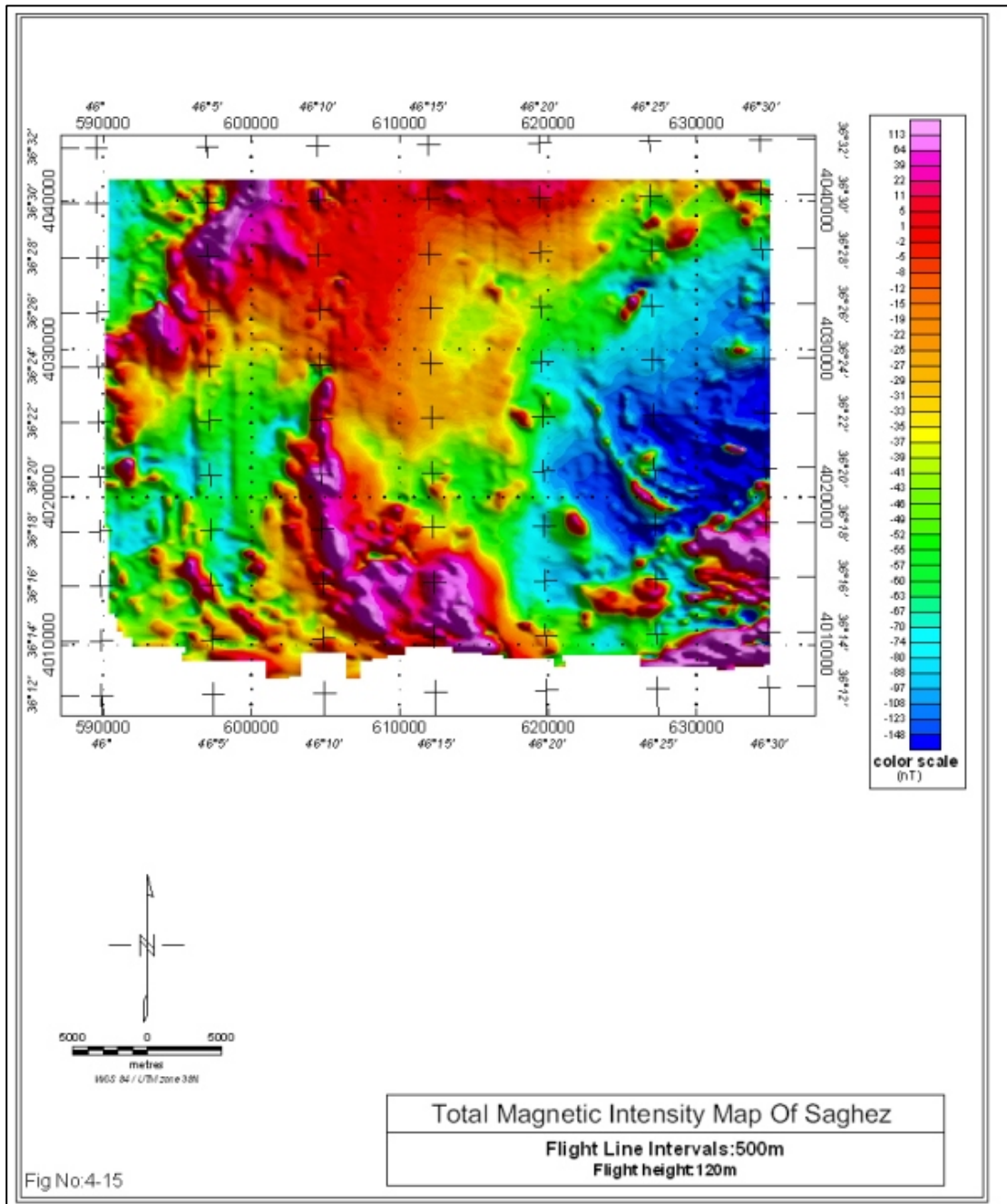
تصویر ۴-۱۳ نقشه شدت کل میدان مغناطیسی چاپان با استفاده از اطلاعات ناحیه‌ای



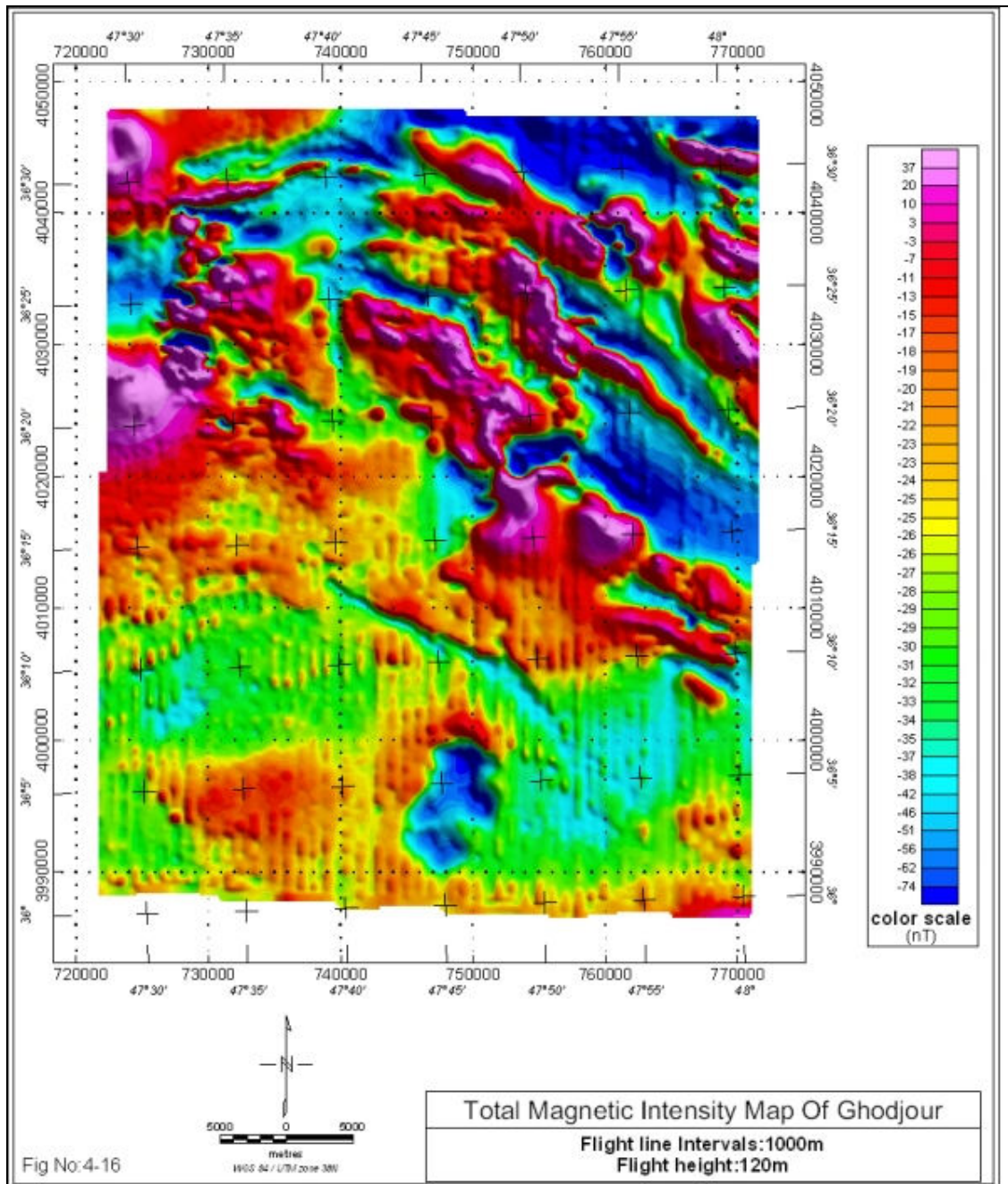
تصویر ۴-۱۴ نقشه شدت کل میدان مغناطیسی تکاب با استفاده از اطلاعات ناحیه‌ای



تصویر ۴-۱۵ نقشه شدت کل میدان مغناطیسی سقز با استفاده از اطلاعات ناحیه‌ای



تصویر ۴-۱۶ نقشه شدت کل میدان مغناطیسی قجور با استفاده از اطلاعات ناحیه‌ای



۴-۵-۷ داده‌های ماهواره‌ای

تصاویر مورد استفاده در انجام پروژه‌های دورسنجی

برای پردازش و تصحیح داده‌های تصاویر ماهواره‌ای از تصاویر مربوط به ماهواره‌های مختلف به شرح زیر استفاده می‌شود:

۱- تصاویر ماهواره‌ای RADARSAT که برای تفکیک واحدهای زمین شناسی و خطواره‌ها در مناطق دارای پوشش گیاهی فراوان و یا ابر به کار می‌رود. برای تصویربرداری در این ماهواره‌ها از امواج رادار استفاده می‌شود که قابلیت عبور از ابر و پوشش گیاهی را دارد.

۲- تصاویر ماهواره‌ای LANDSAT که شامل دو نوع TM و ETM است که تفاوت این دو تصویر در قدرت تفکیک بالاتر تصاویر ETM است. بهترین تصویر برای شناسایی گسلها و یا به طور کلی خطواره‌ها، ساختارهای حلقوی، واحدهای زمین‌شناسی، دگرسانی‌های آرژیلیتی و اکسید آهن می‌باشد. درجه تفکیک و همچنین کیفیت تصاویر LANDSAT بخصوص در تمرکز بالا از بقیه تصاویر بهتر است.

۳- تصاویر مربوط به ماهواره‌های TERRA که تحت عنوان تصاویر ASTER نام برده می‌شوند. این تصاویر قابلیت تفکیک انواع دگرسانی‌ها از جمله انواع دگرسانی اکسید آهن، آرژیلیتی، پروپیلیتی شدن و ... را دارد.

در این پروژه‌ها بدلیل محدودیت زمانی و همچنین عدم دسترسی، تنها از تصاویر ماهواره‌ای LANDSAT – ETM استفاده شده است.

پردازش تصاویر

تصاویری که در پردازش به کار می‌رود ابتدا باید با استفاده از روشهای تصحیح هندسی، تصحیح گردد. این کار باعث می‌شود که موقعیت نقاط نسبت به هم در تصویر ماهواره‌ای با موقعیت آنها در روی زمین همخوانی داشته‌باشد. در روشهای تصحیح هندسی از روش تصحیح تصویر با استفاده از نقشه توپوگرافی (مثلاً آبراهه‌ها) و یا تصحیح تصویر به تصویر (استفاده از تصویر ماهواره‌ای تصحیح شده با قدرت تفکیک بالاتر) استفاده می‌شود.

۴-۶ پردازش داده‌ها

پردازش داده‌ها، نگاهی جهت‌دار به هر دسته از داده‌ها است و با توجه به مدل اکتشافی و فاکتورهای مهم در کانی‌زایی صورت می‌گیرد. این بررسی‌ها و پردازش داده‌ها بصورت نقشه‌ای قابل نمایش است که به آن نقشه نشانگر اطلاق می‌شود. نقشه‌های نشانگری جهت پیش‌بینی محل‌های مناسب برای کانی‌زایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این گزارش نقشه‌های نشانگر به روش منطق فازی با یکدیگر تلفیق شده‌اند.

نقشه‌های نشانگر می‌توانند به صورت نقشه‌های دوتایی (binary) و یا به صورت چند کلاسی (multi-class) باشند. نقشه‌های دوتایی به این معناست که به مناطق با ارزش بالا عدد یک و سایر مناطق عدد صفر اختصاص داده می‌شود. در نقشه‌های چندکلاسی، عارضه‌ها می‌توانند ارزش‌های وسیع‌تری داشته باشند.

۴-۶-۱ پردازش اطلاعات زمین‌شناسی (جداسازی واحدهای زمین‌شناسی مطلوب و مناطق مجاورتی)

پس از ایجاد بانک اطلاعات رقومی برگه‌های زمین‌شناسی در این مرحله نوبت به جداسازی واحدهای زمین‌شناسی مطلوب و مناطق مجاورتی (Contacts) می‌رسد.

واحدهای زمین‌شناسی مطلوب

از واحدهای مهم در نظر گرفته شده در نقشه‌های زمین‌شناسی واحدهای نفوذی اسیدی بعنوان منبع (source) و واحدهای کربناتی، دگرگونی، اسکارن‌ها و هورنفلس‌ها بعنوان میزبان (host) می‌باشد. جدول ۴-۵ واحدهای زمین‌شناسی انتخاب شده به همراه کدهای مربوطه را نشان می‌دهد.

واحد‌های میزبان دارای کدهای ۶ الی ۱۱ و واحدهای منبع دارای کدهای ۱ الی ۵ می‌باشد. در نهایت این کدها با توجه به هدف پروژه به واحدهای کلی‌تر برای مدل‌سازی تبدیل خواهند شد.

۴-۵ جدول واحدهای زمین‌شناسی انتخاب شده به همراه کدهای مربوطه

قروه			آلوت			میانراهان			باینجوب		
Geo Unit	Source	host	Geo Unit	Source	host	Geo Unit	Source	host	Geo Unit	Source	host
اسکارن		6	PEsch		6	gbl	1		Kslv		6
g	1		KL		7	gd	1		Pzvc		7
gp	1		g	1		Sk		11	KL		8
md	1					K2F		7			
gd	1										
di	1										
dg	1										
gb	1										
d	1										
دیواندره			ایرانخواه			تیز تیز			سندج		
Geo Unit	Source	host	Geo Unit	Source	host	Geo Unit	Source	host	Geo Unit	Source	host
d	1		mt		6	h1		6	gr	1	
کنتاکت دگرگونی		11	mL		6	h2		7	gd-d	2	
Ksh		2	a		6	gb	1		Jvr		6
KTv		2	KLLd		7	gbF	2		TRJ L,mv		7
kvp		2	gd		1				TRJm		8
KLsh		2	dr		2				TRjmv		9
Ksch		2									
Sch		2									

ادامه جدول ۴-۵ واحدهای زمین‌شناسی انتخاب شده به همراه کدهای مربوطه

سقز			تکاب			بانه			کامیاران		
Geo Unit	Source	host	Geo Unit	Source	host	Geo Unit	Source	host	Geo Unit	Source	host
اسکارن		1	di	1		gr	1		هورنفلس		6
Ksh		2	pgr	2		G-gr	1		gb	1	
Mtgrgn		3	gr	3		B-gr	1				
PvLd		3	h		6	di	1				
g2	1		زون آلتزه		6	ap	1				
gF	1					p.gr	1				
g1	2					gb-di	2				
						h		2			
						Kph		8			

پاوه			قجور			مربوان		
Geo Unit	Source	host	Geo Unit	Source	host	Geo Unit	Source	host
Sy	1		Fe		6	gr	1	
HF		8	h		7	Sk-hF		1
sk-hF		6	Az		8	HF-sk		2
HF-sk		7	di-gd	1				
			gd-gr	1				
			ap	2				
			p-gr	2				
			gr	2				

مناطق مجاورتی (contact)

با توجه به نقش مهم مناطق مجاورتی در تشکیل کانسارهای اسکارن از این لایه اطلاعاتی با توجه به واحدهای زمین‌شناسی منطقه استفاده شد. این واحدهای زمین‌شناسی عبارتند از همبری توده‌های نفوذی اسیدی و کمپلکس‌های دگرگونی منطقه با واحدهای رسوبی (شامل کربناتها و ماسه سنگ ها). تصویر شماره ۴-۱۷ همبری توده‌های نفوذی با واحدهای رسوبی را نشان می‌دهد.

۱۷-۴

نقشه مناطق مجاورتی

۴-۶-۲ پردازش اطلاعات و داده‌های ژئوشیمیایی (رسوبات آبراهه‌ای و کانی‌سنگین)

در ابتدا نقشه آبراهه هر برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ جداگانه بررسی و در صورت نیاز از لحاظ مختصات تصحیح و این تصحیحات در جدول آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیایی نیز وارد گردید. با توجه به موضوع پروژه، عناصر مرتبط با کانی‌زایی اسکارنهای آهن و تنگستن براساس الویت اول و دوم و نیز ردیابهای مرتبط با آنها انتخاب شده که این عناصر شامل $W, Sn, Bi, Mo, Cu, As, Ti, Fe_2O_3, Sb, Pb, Zn, Ag, Au, Ni, Co, Cs, B, Re, Be, F, Li$ می‌باشد. با توجه باینکه همه این عناصر در نتایج تمامی برگه‌ها موجود نبود و با در نظر گرفتن این نکته که آزمایشگاهها و نتایج آنالیز هر برگه متفاوت می‌باشد، در صورت پردازش تمام نمونه‌ها باهم، این احتمال وجود دارد که یکسری آنومالیهای دروغین ایجاد شده و در مقابل گروهی از نمونه‌های آنومال حذف گردد. به‌همین دلیل هر یک از برگه‌ها جداگانه بررسی و نقاط آنومالی آن معرفی شده‌است.

۴-۶-۲-۱ تجزیه و تحلیل آماری برای معرفی محدوده‌های آنومالی

پردازشهای اولیه بروی داده‌های نمونه‌های سیلت این محدوده قبلاً در زمان تهیه گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ انجام گرفته و تمامی آنومالیا معرفی و بیشتر آنها کنترل شده‌است. لذا برای معرفی محدوده‌های آنومال و مدلسازی کانساری پس از پردازش داده‌های سیلت، کلیه محدوده‌های آنومال در محیط GIS و تحت نرم افزار ArcMap تهیه شده‌است. جهت معرفی مناطق آنومال با اجرای روشهای آماری نوعی عملیات محاسباتی و با دو روش جداگانه بروی داده‌های خام اولیه صورت گرفته که این روشها بصورت تک متغیره و چند متغیره می‌باشند.

الف- روش تک عنصری

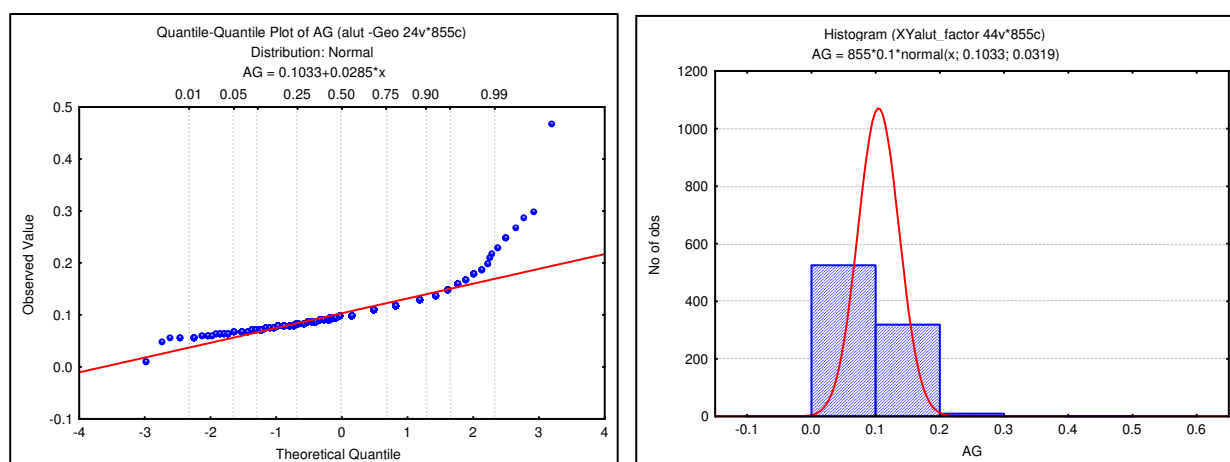
برای تعیین محدوده‌های آنومالی عناصر تعیین شده در هر برگه با روش تک متغیره، نمودارهای توزیع فراوانی (هیستوگرام) و توزیع چندک- چندک (Q-Q plot) آنها رسم و مقادیر میانگین (Average)، انحراف معیار (Std) و مقادیر حد آستانه‌ای ($X+2S$) بدست آورده شده‌است. پس از استخراج نمونه‌های خارج از رده، مقدار میانگین بعلاوه دوبرابر انحراف معیار $X+2S$ و مقدار میانگین بعلاوه سه برابر انحراف معیار $X+3S$ برای هر عنصر محاسبه شده‌است. منظور نکردن مقادیر خارج از رده این امکان را بما میدهد که بتوان یک نتیجه واقعی تری از میانگین جامعه بدست آورد. سپس با استفاده از نرم افزار ArcMap مناطق پر

پتانسیل (آنومالی) بصورت پلی گون مشخص میگردد. رنج اعداد بزرگتر از $X+2S$ و کوچکتر مساوی $X+3S$ بعنوان آنومالی درجه دو و مقادیر بزرگتر یا مساوی $X+3S$ بعنوان آنومالی درجه یک معرفی شده است. در ذیل بعنوان نمونه عنصر نقره در برگه آلود توضیح داده شده است.

عنصر نقره در برگه آلود :

توزیع داده‌ها در این برگه نشان‌دهنده یک جامعه لاگ نرمال با چولگی مثبت و بخش اصلی جامعه دارای توزیع نزدیک به نرمال می‌باشد. تصویر ۴-۱ نمودار چندک-چندک یک نمونه خارج از رده را نشان میدهد.

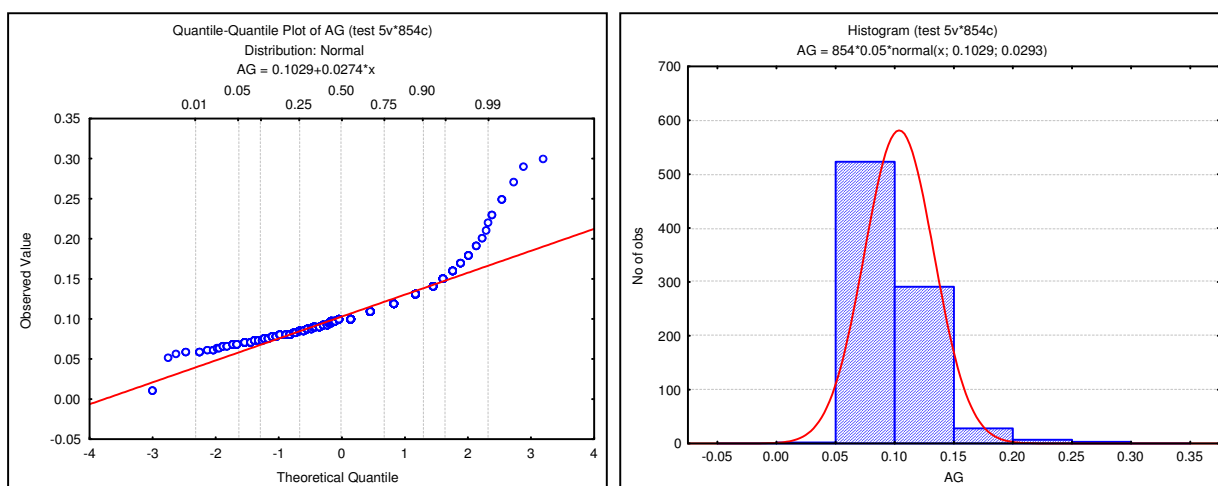
نمودار ۴-۱: نمایش منحنی های چندک-چندک و هیستوگرام قبل از خروج نمونه خارج از رده



جدول ۴-۶ پارامترهای آماری عنصر نقره قبل از خروج نمونه خارج از ردیف

Count	Max	Min	Average	Std	$X+2S$
855	0.47	0.01	0.103295	0.031856	0.167007

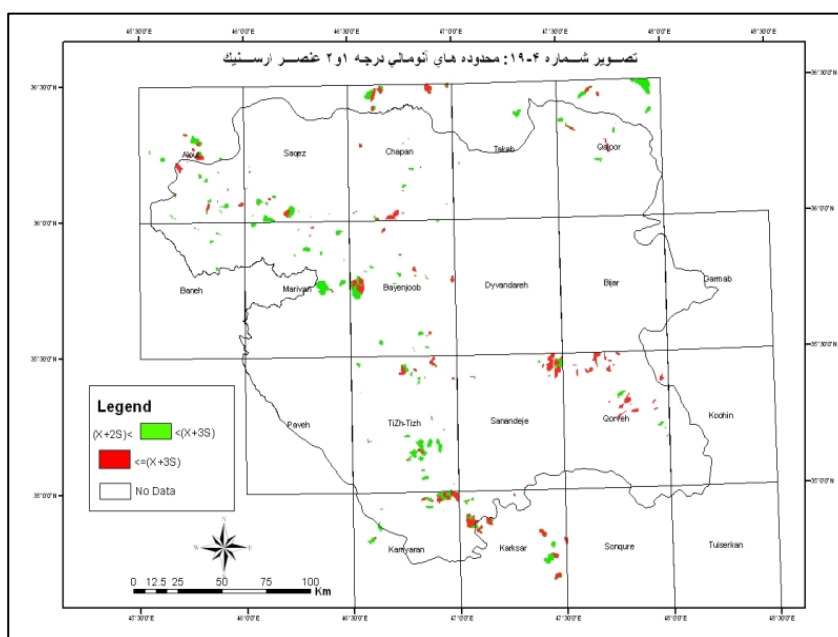
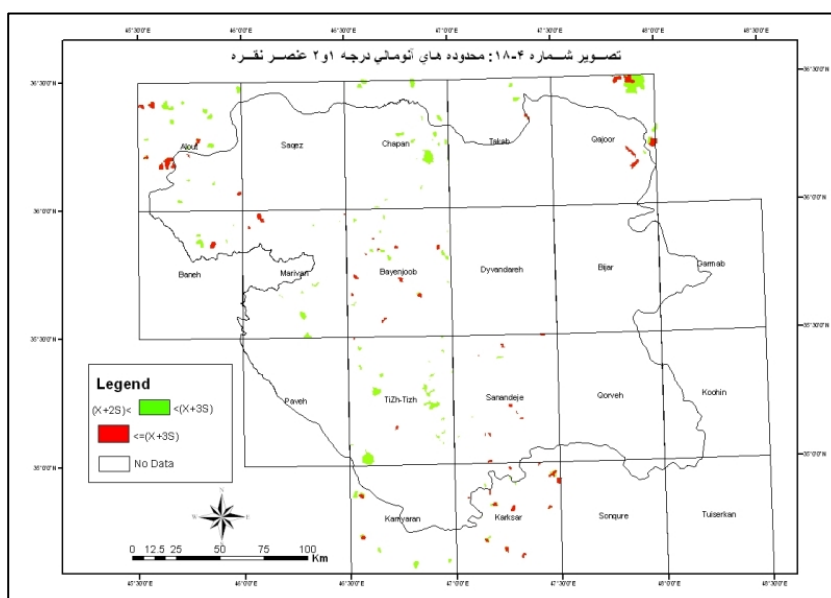
نمودار ۴-۲ نمایش منحنی های چندک-چندک و هیستوگرام بعد از خروج نمونه خارج از رده

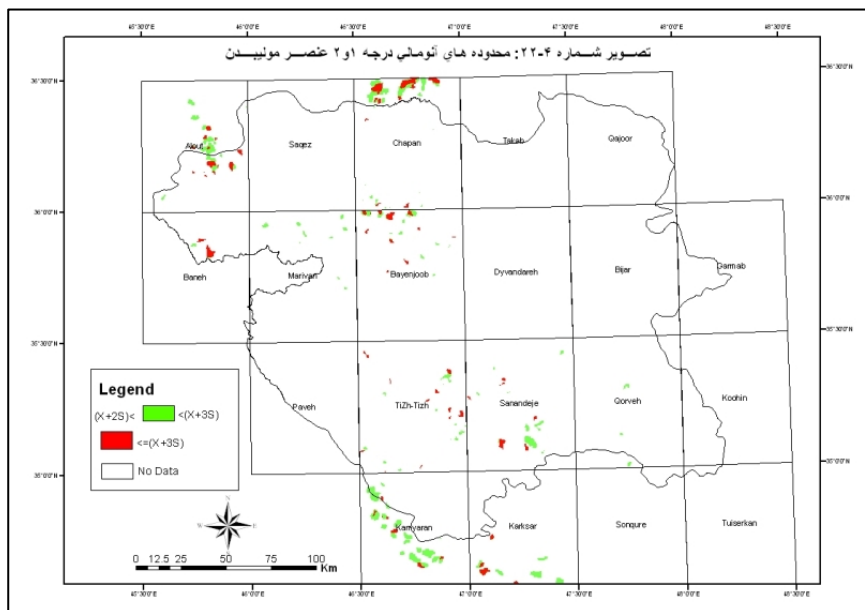
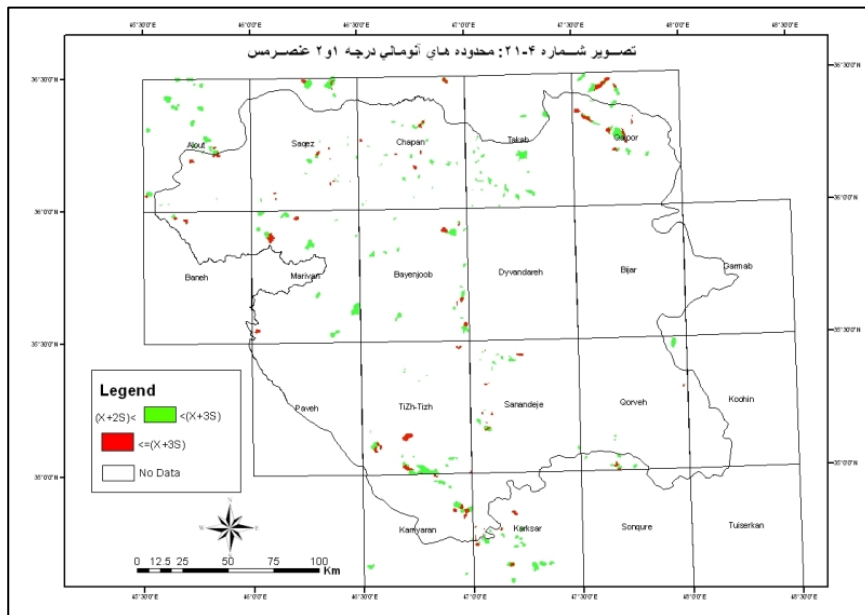
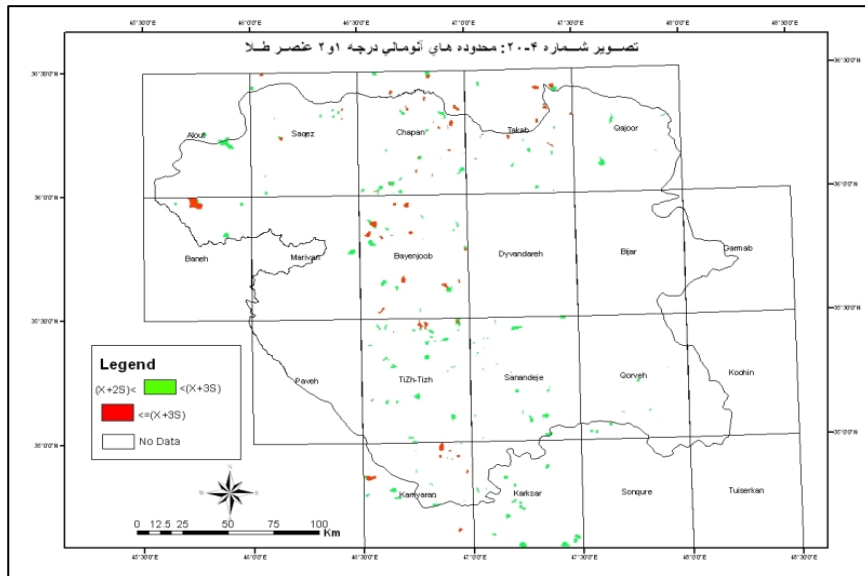


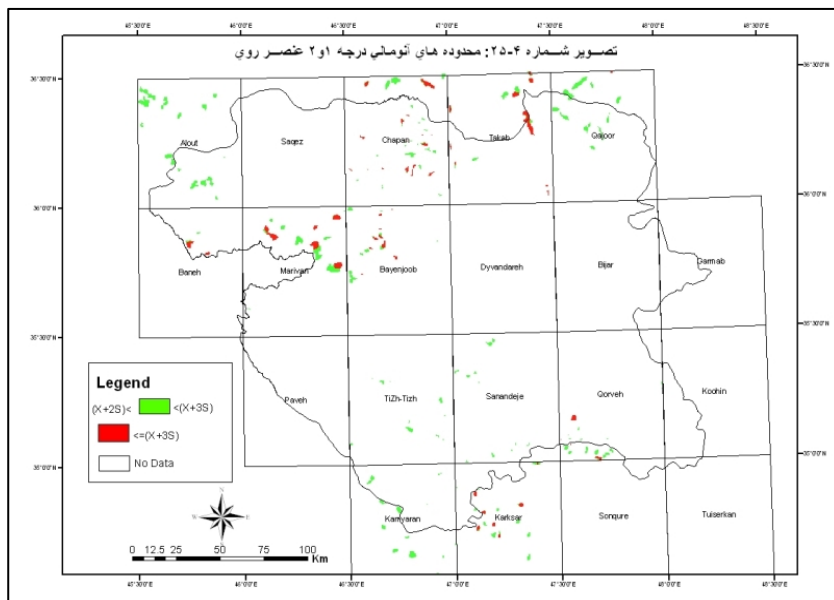
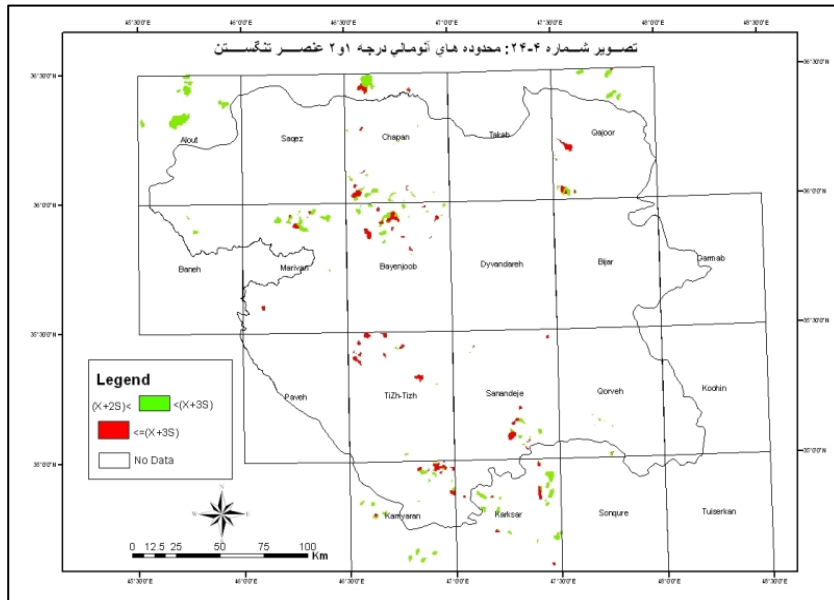
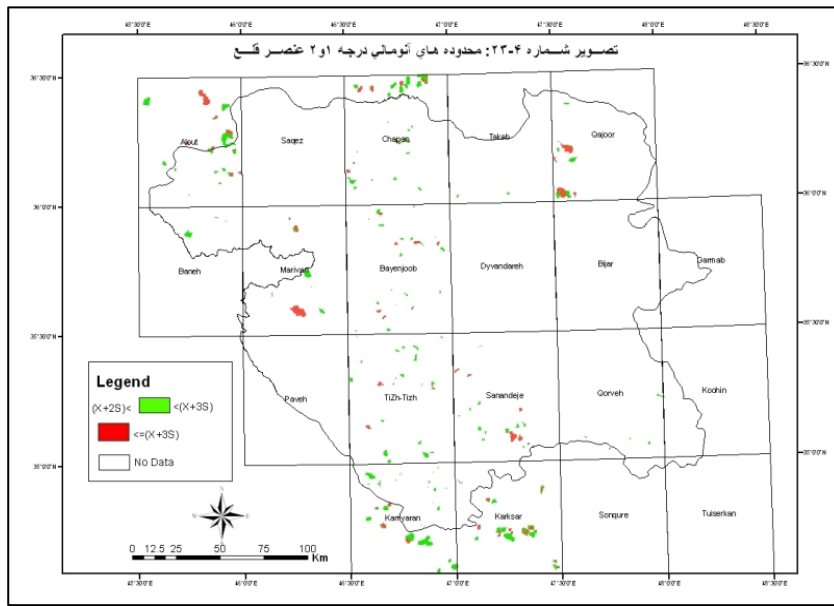
جدول ۴-۷ پارامترهای آماری عنصر نقره بعد از خروج نمونه خارج از ردیف

Count	Max	Min	Average	Std	X+2S	X+3S
854	0.3	0.01	0.102865	0.029294	0.161454	0.190749

لازم است گفته شود در مدلسازی کانساری به لحاظ همبستگی بین عناصر As, Au, Cu, B, Zn در کانی‌زایی اسکارنهای آهن و از عناصر $W, Sn, As, Sb, Bi, Cu, B, Zn, Mo, Be$ جهت اسکارنهای تنگستن استفاده شده است. در زیر نقشه‌های پراکنندگی آنومالی درجه ۲ و ۱ برای تعدادی از عناصر نمایش داده شده است.







ب- روش چند عنصری

هر گروه از عناصر نسبت به یکسری از شرایط محیطی کم و بیش بطور مشابه حساسیت نشان میدهند. شناخت ارتباط و بستگی‌های ژنتیکی متقابل موجود میان عناصر گوناگون میتواند در شناخت دقیقتر تغییرات موجود در محیط‌های ژئوشیمیایی بکار گرفته شود. در ضمن تجمع ژنتیکی بعضی عناصر ممکن است به عنوان راهنمای مستقیمی در تفسیر نوع نهشته‌ای که احتمالاً در ناحیه وجود دارد بکار رود. لذا شناخت همبستگی‌های ژنتیکی بین عناصر، اطلاعات لازم را در راستای تفسیر هرچه صحیح‌تر داده‌های ژئوشیمیایی در اختیار میگذارد. تجزیه عاملی تکنیکی آماری است که میان مجموعه‌ای متشکل از متغیرهایی که به ظاهر بی‌ارتباط هستند رابطه خاصی را تحت یک مدل فرضی برقرار می‌کند. یکی از اهداف اصلی این تکنیک کاهش ابعاد داده‌هاست، فرض اساسی در بکارگیری این تکنیک، وجود الگوی زیربنایی یا مدلی خاص در تعیین مفاهیم پیچیده ارتباطی میان متغیرهاست. این ارتباط در قالب یک عامل در این مدل فرضی ظاهر میشود. در این راستا پس از پردازش داده‌ها، فایل مورد نظر به نرم افزار SPSS انتقال می‌یابد. حال از طریق بکارگیری روش آنالیز فاکتوری و رسم موقعیت، متغیرها در مختصات فاکتوری معرفی میشوند. پس در واقع متغیرهایی که ارتباط پارائزی با یکدیگر دارند با تغییر و بررسی فاکتورهای مختلف واضحتر مورد مطالعه قرار میگیرند. در این پروژه امتیاز قابل ملاحظه به فاکتورهایی داده شده که مرتبط با اسکارنهای آهن و تنگستن بوده‌اند. بعنوان مثال در برگه چاپان در جدول شماره ۴-۸ تعداد مولفه‌ها، درصد واریانس که هر مولفه به خود اختصاص داده و واریانس تجمعی برای داده‌های خام و چرخش یافته مشخص شده‌است

جدول ۴-۸ نتایج واریانس تجمعی

Total Variance Explained						
Extraction Sums of Squared Loadings						
Component	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.301	25.391	25.391	2.267	17.439	17.439
2	1.985	15.269	40.66	1.975	15.192	32.631
3	1.209	9.298	49.959	1.846	14.2	46.831
4	1.165	8.965	58.923	1.572	12.092	58.923

Extraction Method: Principal Component Analysis.

جدول ۹-۴ نتایج ماتریس چرخش یافته

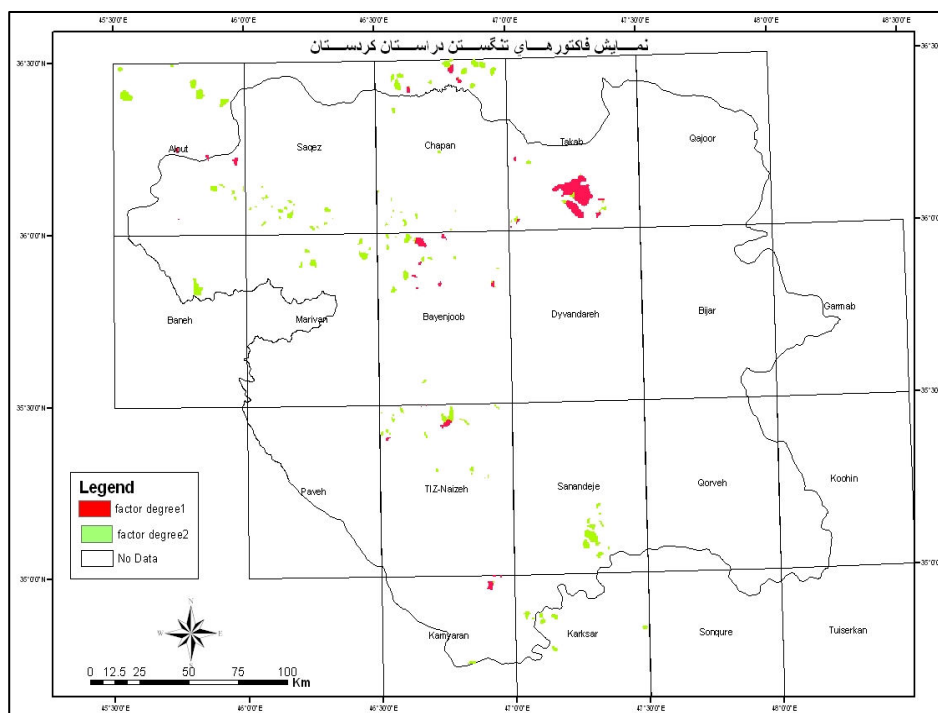
Rotated Component Matrix				
	Component			
	1	2	3	4
LNAG	0.811	-0.034	0.074	0.187
LNAS	0.124	0.114	0.825	0.039
LNAU	0.693	0.050	0.192	-0.136
LNB	0.132	0.062	0.443	0.658
LNBE	-0.110	0.042	-0.040	0.721
LNBI	0.567	0.416	0.189	-0.081
LNCU	0.543	-0.200	0.342	0.217
LNMO	-0.066	0.797	0.112	-0.104
LNPB	0.457	-0.029	-0.026	0.462
LNSB	0.331	0.112	0.716	0.116
LNSN	0.273	0.658	-0.267	0.289
LNW	-0.034	0.723	0.360	0.017
LNZN	0.267	-0.369	0.213	0.435
Extraction Method: Principal Component Analysis.				
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.				
Rotation converged in 7 iterations.				

ماتریس مولفه ها تحت تابع varimax که ضرایب عامل ها را ماکزیمم میکند، چرخش داده شده است که در جدول (۹-۴) نشان داده شده که با استفاده از این جدول فاکتورهای هر مولفه انتخاب می شود. اساس انتخاب هر متغیر در هر فاکتور مقدار ضریب بالای ۰/۵ است. با توجه به مطالب فوق خواهیم داشت: فاکتور اول شامل عناصر مس، بیسموت، طلا و نقره می باشد. این فاکتور میتواند در ارتباط با کانسارهای رگه ای طلا، مس و نقره باشد.

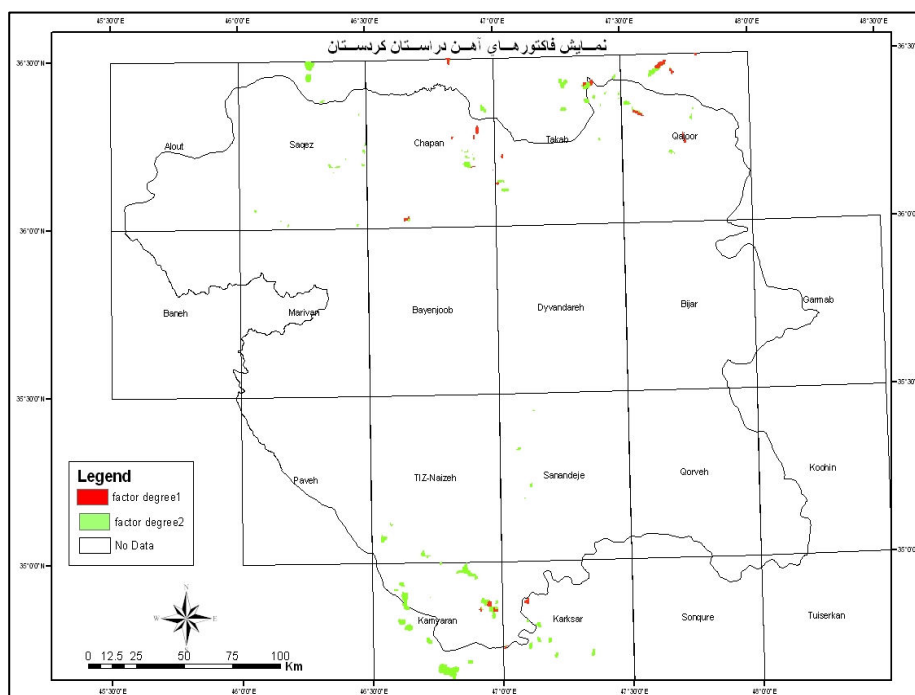
فاکتور دوم شامل قلع و تنگستن و مولیبدن است که عنصر تنگستن بیشترین رتبه را در این فاکتور بخود اختصاص داده است این فاکتور به تقریب مشخص کننده تنگستن اسکارنی است که با توجه به تیپ این کانسار در منطقه میتوان امید یافتن این نوع اسکارنی را داشت. فاکتور سوم شامل عناصر آنتیموان و آرسنیک است. رتبه های آنتیموان و آرسنیک به تقریب در این فاکتور یکسان می باشد.

و فاکتور چهارم شامل عناصر بر و بریلیوم است. رتبه بریلیوم در این فاکتور بالاتر از بر می باشد. در نهایت میتوان گفت فاکتور ۲ که همبستگی بین قلع و تنگستن را نمایش میدهد، بعنوان فاکتور برتر انتخاب گردید. حال برای تمامی برگه ها این روش جداگانه انجام گرفته و فاکتورهای برتر انتخاب شده است و بعد از بدست آوردن مقادیر فاکتورها، مقادیر دودرصد و سه درصد بالای هر فاکتور بعنوان آنومالیهای درجه

یک و دو و در نهایت مقادیر ناهنجار انتخاب و ترسیم شده است. تصاویر ۴-۲۶ و ۴-۲۷ حاصل نتایج بدست آمده از این روش را بصورت نقشه فاکتورهای آهن و نقشه فاکتورهای مربوط به تنگستن نشان می دهد.



تصویر ۴-۲۶ نقشه فاکتورهای تنگستن



تصویر ۴-۲۷ نقشه فاکتورهای آهن

۴-۶-۲-۲ مطالعات کانی سنگین

مطالعات کانی سنگین بعنوان روشی که در آن فاز پیدایش یک عنصر مورد مطالعه قرار میگیرد، میتواند مفید واقع شود، در این پروژه از نمونه‌های کانی سنگین بعنوان روشی برای کنترل آنومالیها و جدا کردن انواع مرتبط با کانی‌سازی از سایر موارد، صورت پذیرفته است.

کانی سنگین‌های برداشت شده در استان کردستان شامل ۱۰۲ نمونه کانی سنگین از برگه کوهین، ۱۱۳ نمونه آلت، ۹۷ نمونه باینجوب، چاپان ۶۴ نمونه، قروه ۱۱۰ نمونه، ۱۰۶ نمونه کامیاران، ۵۲ نمونه تیژتیز، ۷۳ نمونه بانه، ۹۷ نمونه قجور، ۱۵۰ نمونه مریوان، میانراهان ۹۸ نمونه، ۱۳۹ نمونه سقزو ۷۷ نمونه در برگه تکاب می باشد.

لازم بذکر است که در ارتباط با نمونه‌های کانی سنگین باید با حساسیت بیشتری برخورد نمود. بعنوان مثال در محل کنتاکت واحدهای ولکانیک و آهک، تراکم کانی شئلیت افزایش یافته است، لذا احتمال کانی‌زایی تنگستن از نوع اسکارن در آن منطقه می باشد که در مدلسازی آورده شده است. در پردازش نهایی، کانی‌هایی که در ارتباط با کانی‌زایی اسکارنها بوده‌اند، در مدلسازی شرکت داده شده‌اند. با توجه به جدول مطالعات کانی سنگین موجود، در این پروژه برای اسکارنهای آهن، تنها کانی سنگین منیتیت و برای اسکارنهای تنگستن اطلاعات مربوط به کانی سنگین شئلیت، کاسیتیریت، کالکوپیریت، سینابر، اریپیمان، پیریت، منیتیت، گالن، فلوریت و طلا جدا و مورد استفاده قرار گرفته است.

تصویر شماره ۴-۲۸ محدوده‌های کانی سنگین را در کل استان نمایش میدهد.

تصویر شماره ۴-۲۸ محدوده های کانی سنگین

۴-۶-۳ پردازش اطلاعات ژئوفیزیک

با توجه به اطلاعات مغناطیسی سری اول در منطقه که با ارتفاع پرواز نسبتاً زیاد جمع آوری شده است خطواره‌هایی که می‌توان در منطقه تعیین نمود، معمولاً مربوط به عوارض عمیق بوده و فقط خطواره‌های ناحیه‌ای و بزرگ منطقه قابل شناسایی هستند. جابجایی ساختارها در منطقه مورد نظر توسط عوامل زیرشناسایی می‌شود.

الف- جابجایی ظاهری واحدهای مغناطیسی مشابه

ب- قطع ناگهانی در عمق منابع مغناطیسی

با اطلاعات سری دوم می‌توان خطواره‌های ۴ برگه قجور- سقز- چاپان- تکاب را بصورت جزئی‌تر شناسایی کرد که بطور کلی برای نشان دادن عوارض خطی ابتدا در منطقه از نقشه‌هایی که تحت عنوان Shaded relief و بازتابش reflectance خوانده می‌شوند، استفاده شده است که در این نقشه، بازتابش بطور سریع باعث تشخیص خطواره‌ها می‌شود.

در منطقه مورد نظر اکثر خطواره‌های موجود شمال باختری - جنوب خاوری بوده که در امتداد بی‌هنجاریهای مغناطیسی می‌باشد و همچنین خطواره‌های شمال خاور- جنوب باختر رانیز قطع کرده که نقاط تلاقی خطواره‌ها از لحاظ مطالعات پی‌جویی برای ما حائز اهمیت می‌باشد (مطابق شکل ۴-۲۹) در استان کردستان با توجه به نقشه شدت کل میدان مغناطیسی مذکور بیشترین میدان گزارش شده ۳۹۷۲۷ نانوتسلا و کمترین میدان گزارش شده ۳۹۴۳۵ نانوتسلا می‌باشد. مطابق شکل (۴-۱۱) بی‌هنجاری A در شمال شرقی برگه قجور با شدت بالای مغناطیسی در استان کردستان در نواحی شمال خاوری که در انطباق با نقشه زمین‌شناسی بر روی واحدهای ولکانیکی دگرگون شده کرتاسه و واحدهای دیوریت- گرانودیوریت واقع شده است.

بی‌هنجاری B با شدت بالای مغناطیسی در برگه تکاب در نواحی شمال خاوری در انطباق با نقشه زمین‌شناسی بر روی واحدهای دیوریت - مونزونیت - واحدهای ولکانیکی و کمی هم واحدهای آبرفتی با شدت بالای مغناطیسی دیده می‌شود که احتمالاً بیانگر گسترش واحدهای فوق به زیر واحدهای آبرفتی

می‌باشد. همچنین در قسمت شمال باختری برکه فوق‌الذکر بی‌هنجاری مغناطیسی با شدت بالا بر روی واحدهای رسوبی ولکانیکی قرار گرفته‌است.

بی‌هنجاری D,C در شمال و شمال‌خاوری برکه چاپان با شدت بالای مغناطیسی در انطباق با نقشه زمین‌شناسی بر روی واحدهای رسوبی ولکانیکی و واحدهای گرانودیوریت تونالیت - کوارتز دیوریت کوارتز مونزونیت واقع شده‌است.

بی‌هنجاری E در جنوب و جنوب‌خاوری برکه سقز با شدت بالای مغناطیسی در انطباق با نقشه زمین‌شناسی بر روی واحدهای ولکانیکی و گرانیت هورنبلند و واحدهای دگرگونی گنایس - شیست - اسلیت واقع شده‌است. همچنین در جنوب برکه سقز واحدهای آبرفتی با شدت بالای مغناطیسی دیده می‌شود که احتمالاً بیانگر گسترش واحدهای فوق‌الذکر به زیر واحدهای آبرفتی می‌باشد همچنین بی‌هنجاری فوق‌الذکر با شدت بالای مغناطیسی منطبق با واحدهای اسکارنی نیز می‌باشد. در جنوب‌غربی برکه سقز بی‌هنجاری G با شدت بالای مغناطیسی دیده می‌شود که شامل واحدهای دگرگونی گنایس و میکا شیست و واحدهای متاولکانیک می‌باشد.

در جنوب‌خاوری برکه آلت هم بی‌هنجاری با شدت بالای مغناطیسی دیده می‌شود که شامل واحدهای دگرگون شده گنایس - شیست - فیلیت و اسلیت می‌باشد.

بی‌هنجاری K در برکه قروه با شدت بالای مغناطیسی در انطباق با نقشه زمین‌شناسی بر روی واحدهای توف برشی و لاپیلی توف همچنین کمی واحدهای آبرفتی نیز با شدت بالای مغناطیسی دیده می‌شود که احتمالاً بیانگر گسترش واحدهای فوق به زیر واحدهای آبرفتی می‌باشد.

بی‌هنجاری L در جنوب برکه قروه با شدت بالای مغناطیسی در انطباق با نقشه زمین‌شناسی بر روی واحدهای مونزودیوریت - کوارتز مونزونیت - کوارتز دیوریت، گرانودیوریت و واحدهای گابرو دیوریت برشی شده قرار گرفته‌است. همچنین بی‌هنجاری فوق منطبق با واحدهای اسکارنی نیز می‌باشد.

بی‌هنجاری S در برکه سنندج با شدت بالای مغناطیسی شامل واحدهای گرانودیوریت، دیوریت، کوارتز مونزونیت و کوارتز دیوریت می‌باشد، همچنین در جنوب باختری بی‌هنجاری S شدت بالای مغناطیسی

دیده میشود که شامل واحدهای میکروگرانیت _ گرانودیوریت _ کوارتز موزونیت و واحدهای ولکانیکی می باشد.

همچنین در باختر بی هنجاری S نیز شدت بالای مغناطیسی دیده می شود که شامل واحدهای ولکانیکی می باشد. بی هنجاری J در برگه تیژتیز با شدت بالای مغناطیسی در انطباق با نقشه زمین شناسی شامل واحدهای گابرو و دیوریت و واحدهای دگرگونی می باشد.

بی هنجاری Z در برگه کامیاران با شدت بالای مغناطیسی در انطباق با نقشه زمین شناسی شامل واحدهای الیوین گابرو و دیوریت و واحدهای ولکانیکی و واحدهای متاولکانیکی و هارزبورژیت می باشد .

بی هنجاری P در برگه کرکسار با شدت بالای مغناطیسی در انطباق با نقشه زمین شناسی شامل واحدهای دیوریت _ گابرو دیوریت می باشد. همچنین این بی هنجاری منطبق با واحدهای اسکارنی نیز میباشد.

بطور کلی پس از بررسی و تحلیل شدت کل میدان مغناطیسی منطقه و فیلتراسیونهای حاصله بر روی اطلاعات سری اول در استان کردستان بی هنجاریهای مغناطیسی با شدت بالا و تطبیق این بی هنجاریها با واحدهای زمین شناسی، خطوارهها و نیز توده های کم عمق مغناطیسی که از تصاویر مشتق قائم و آنالیتیک سیگنال (مطابق شکل ۴-۲۹) بدست آمده نشان داده شده است .

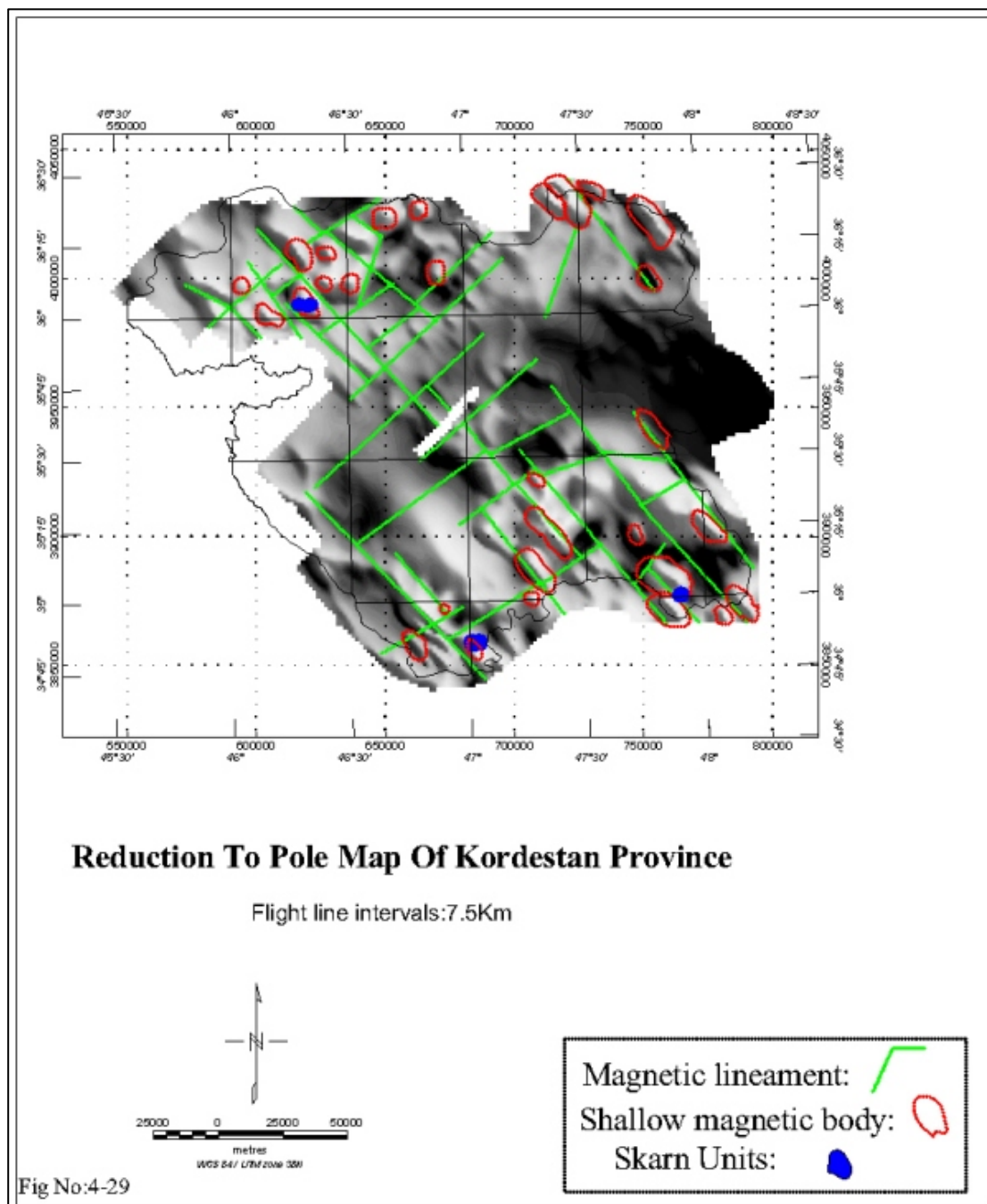
با استفاده از اطلاعات سری دوم (اطلاعات با خطوط پرواز ۵۰۰ متر) که شامل ۴ برگه فوق الذکر می باشد، نقشه های شدت کل میدان مغناطیسی ۴ برگه مطابق شکل های (۴-۱۳، ۴-۱۴، ۴-۱۵ و ۴-۱۶) حاصل شده است. با اعمال فیلتراسیون برگردان به قطب نقشه های برگردان به قطب، شدت کل میدان مغناطیسی برگه های مذکور مطابق شکل های (۴-۳۰، ۴-۳۱، ۴-۳۲ و ۴-۳۳) تهیه شده است که بی هنجاریهای مغناطیسی در برگه های مذکور به سمت شمال کمی جابجایی داشته اند.

جهت تشخیص توده های سطحی نیز از فیلترهای مشتق قائم یا فیلتر بالاگذر (high pass) بر روی داده های برگردان به قطب و فیلتر Analytic signal بر روی داده های شدت میدان مغناطیسی استفاده گردیده شده که در فیلتر مشتق قائم با حذف فرکانس پائین و عبور فرکانس های بالا بی هنجاری های کوچک و سطحی شکل های (۴-۳۴، ۴-۳۵، ۴-۳۶ و ۴-۳۷) را نمایان می سازند. خطواهای حاصله و توده های کم عمق مغناطیسی ۴ برگه فوق در شکل های شماره (۴-۳۸، ۴-۳۹، ۴-۴۰ و ۴-۴۱) آورده شده است.

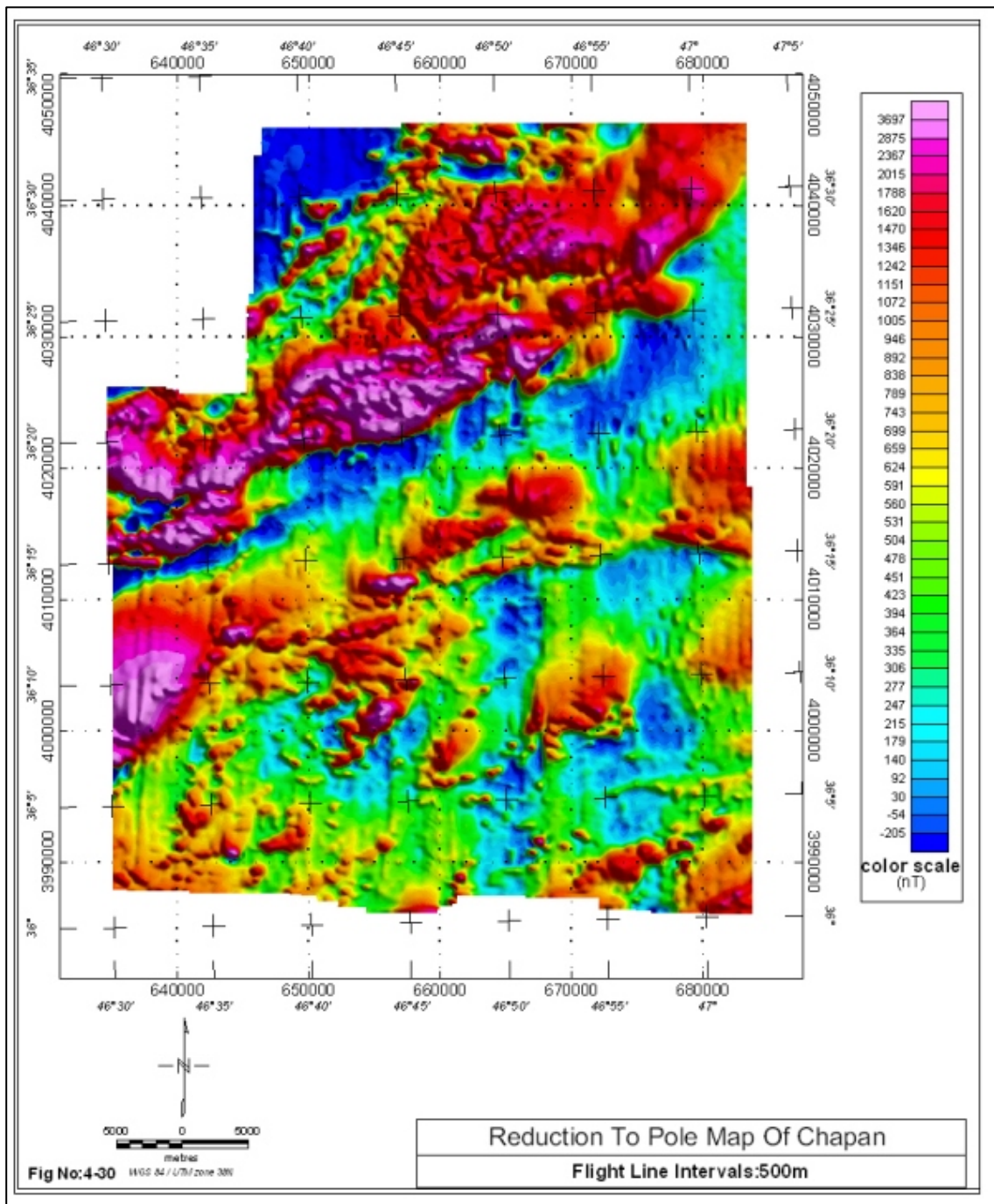
همچنین خطواره‌های بدست‌آمده در برگه چاپان مطابق شکل شماره (۴-۳۸) عمدتاً دارای جهت شمال‌خاوری - جنوب‌باختری میباشد، که با موقعیت اندیس‌های موجود در این برگه انطباق بیشتری را نشان میدهد که این موضوع در مدلسازی و تلفیق اطلاعات می‌تواند حائز اهمیت باشد.

تصویر ۴-۲۹ خطواره‌ها و توده‌های کم عمق مغناطیسی حاصله استان کردستان با استفاده از اطلاعات

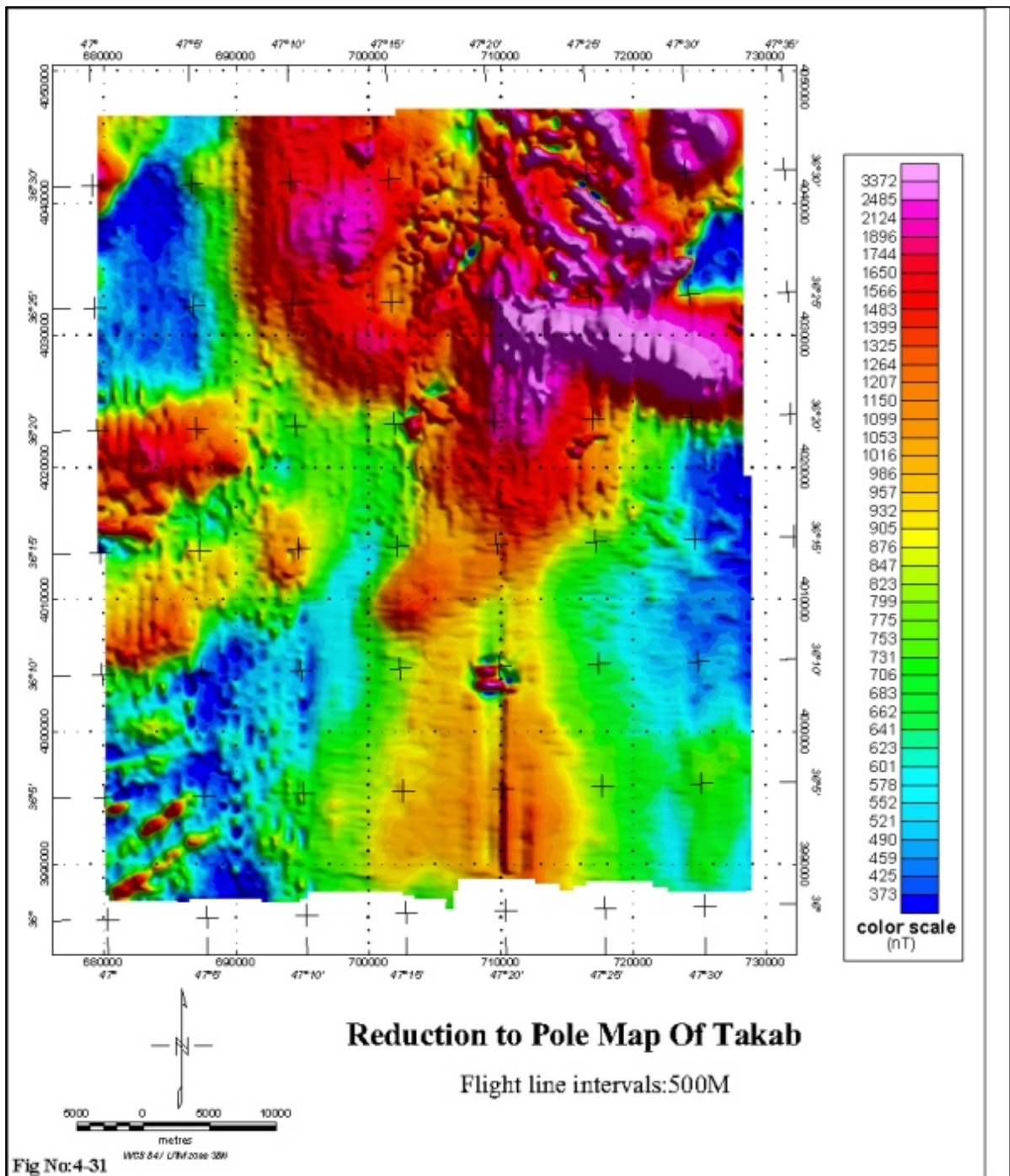
ناحیه‌ای



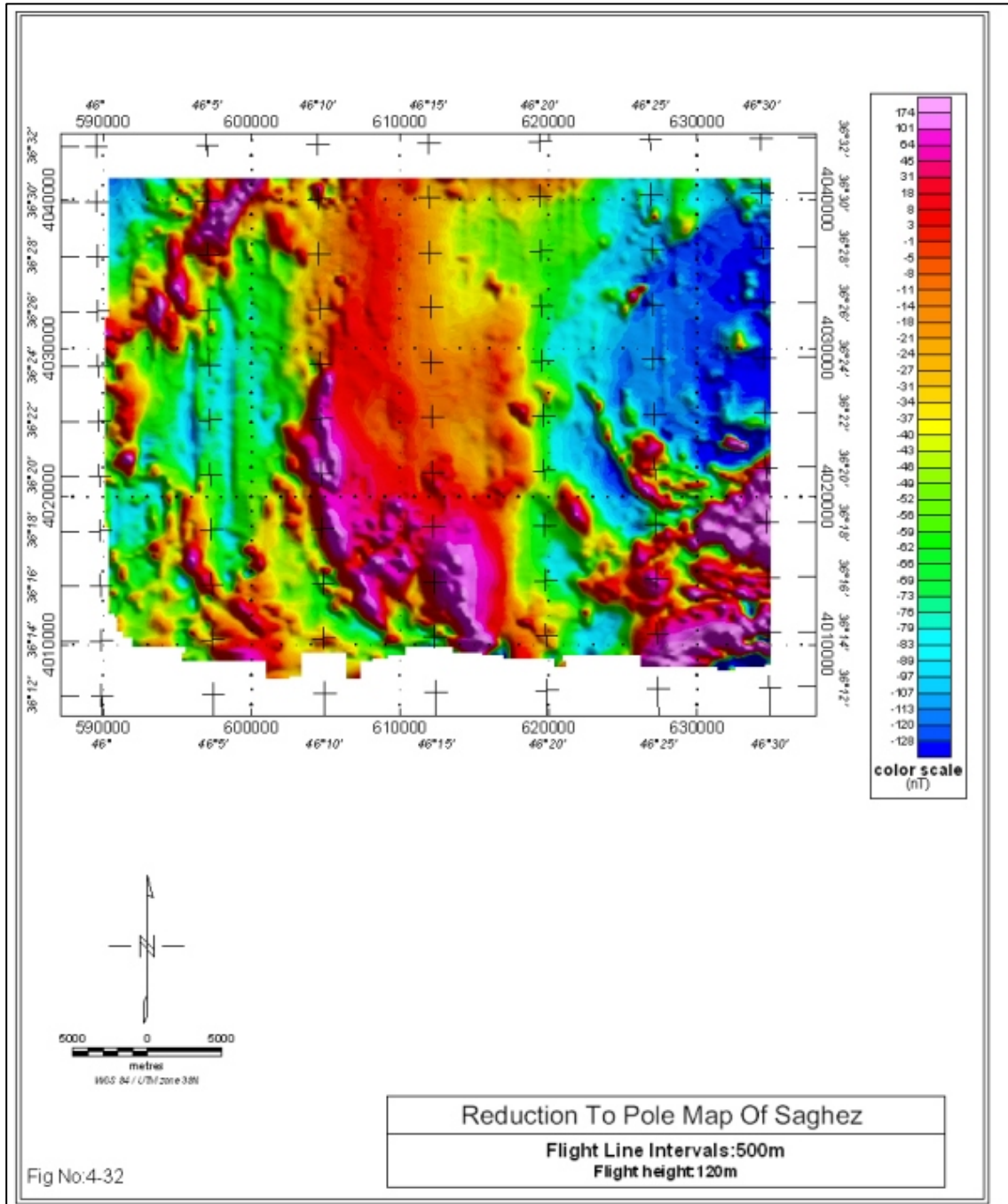
تصویر ۳۰-۴ نقشه برگردان به قطب چاپان با استفاده از اطلاعات محلی



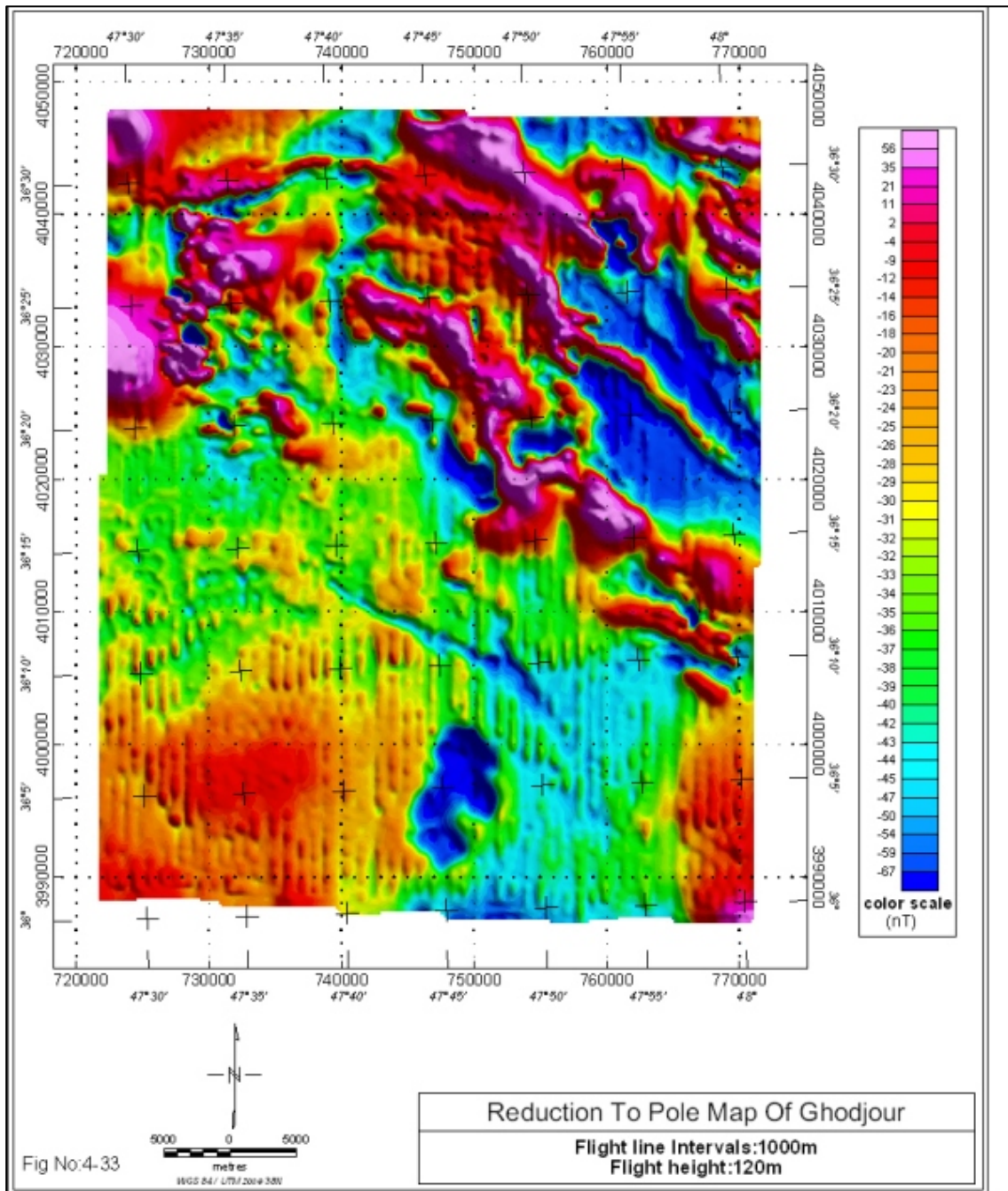
تصویر ۴-۳۱ نقشه برگردان به قطب تکاب با استفاده از اطلاعات محلی



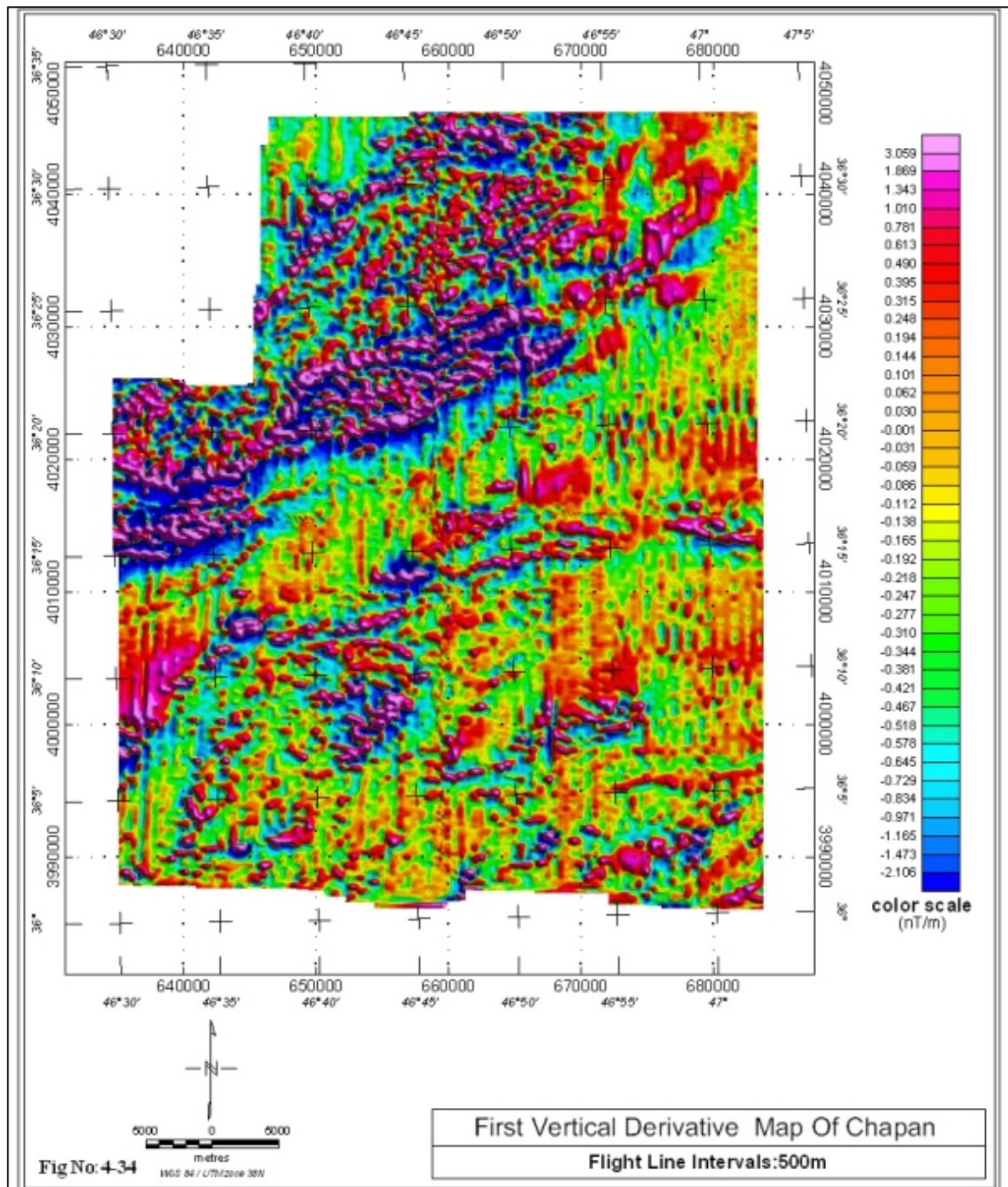
تصویر ۳۲-۴ نقشه برگردان به قطب سقز با استفاده از اطلاعات محلی



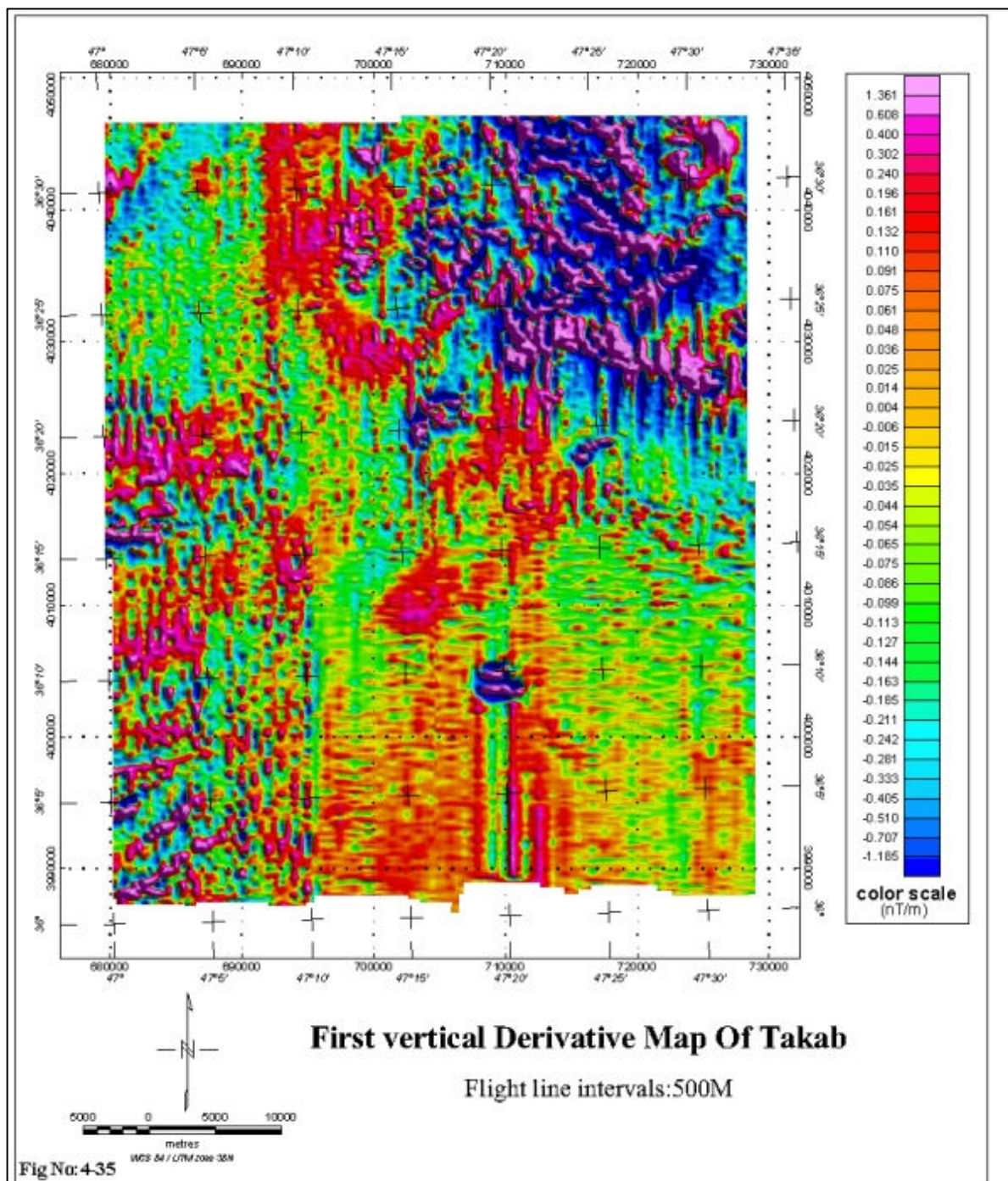
تصویر ۴-۳۳ نقشه برگردان به قطب قجور با استفاده از اطلاعات محلی



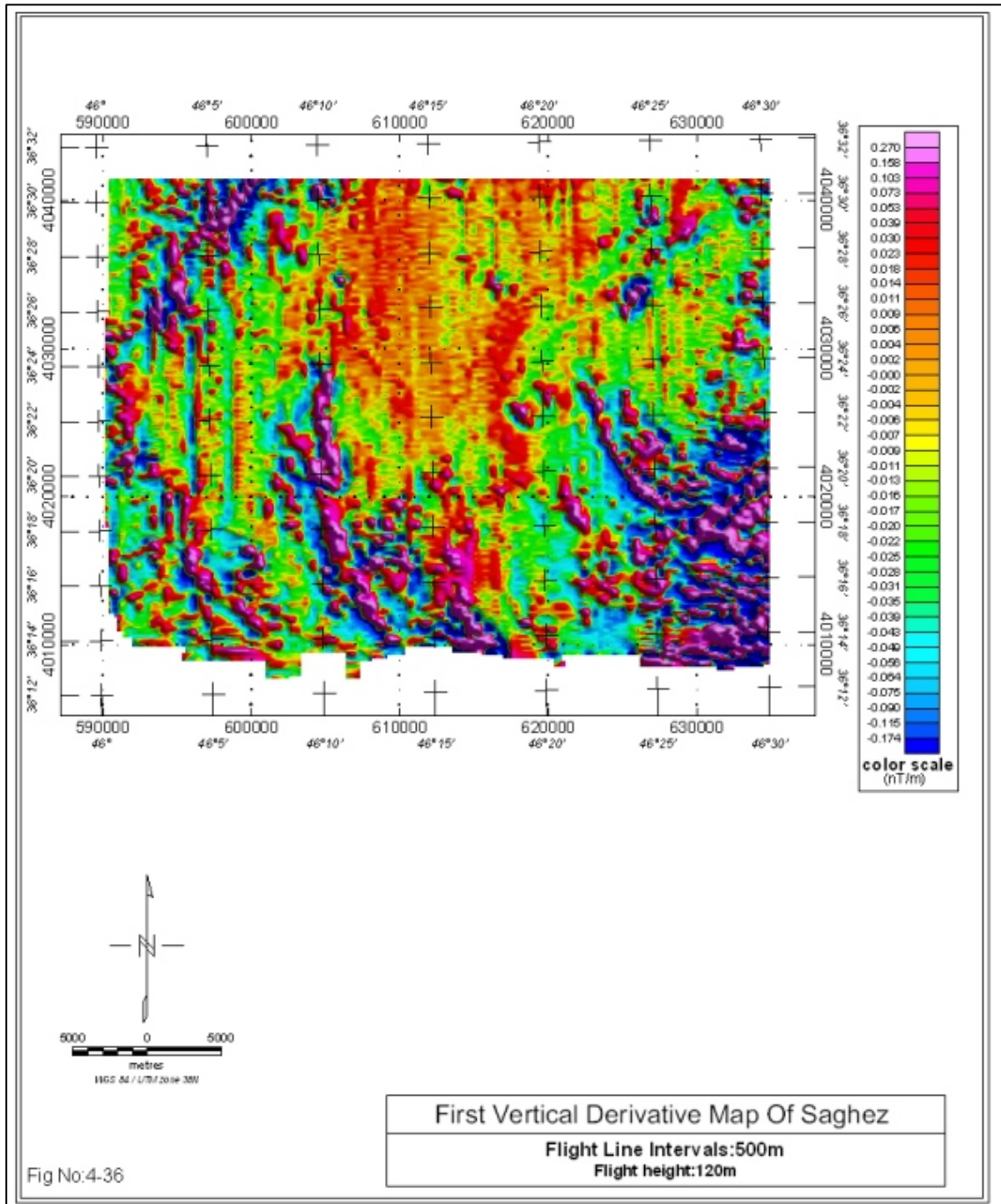
تصویر ۴-۳۴ نقشه مشتق اول قائم چپان با استفاده از اطلاعات محلی



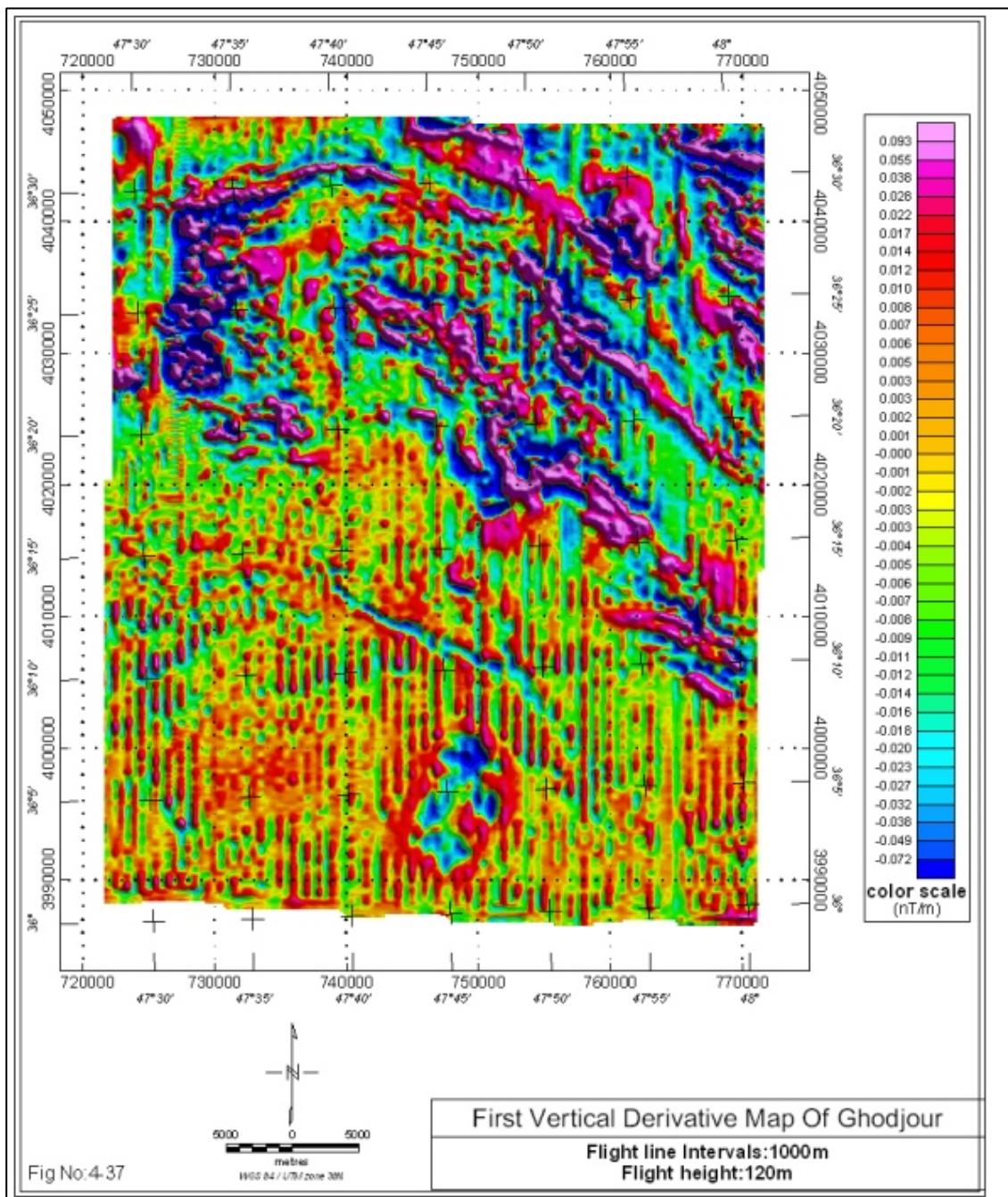
تصویر ۴-۳۵ نقشه مشتق اول قائم تکاب با استفاده از اطلاعات محلی



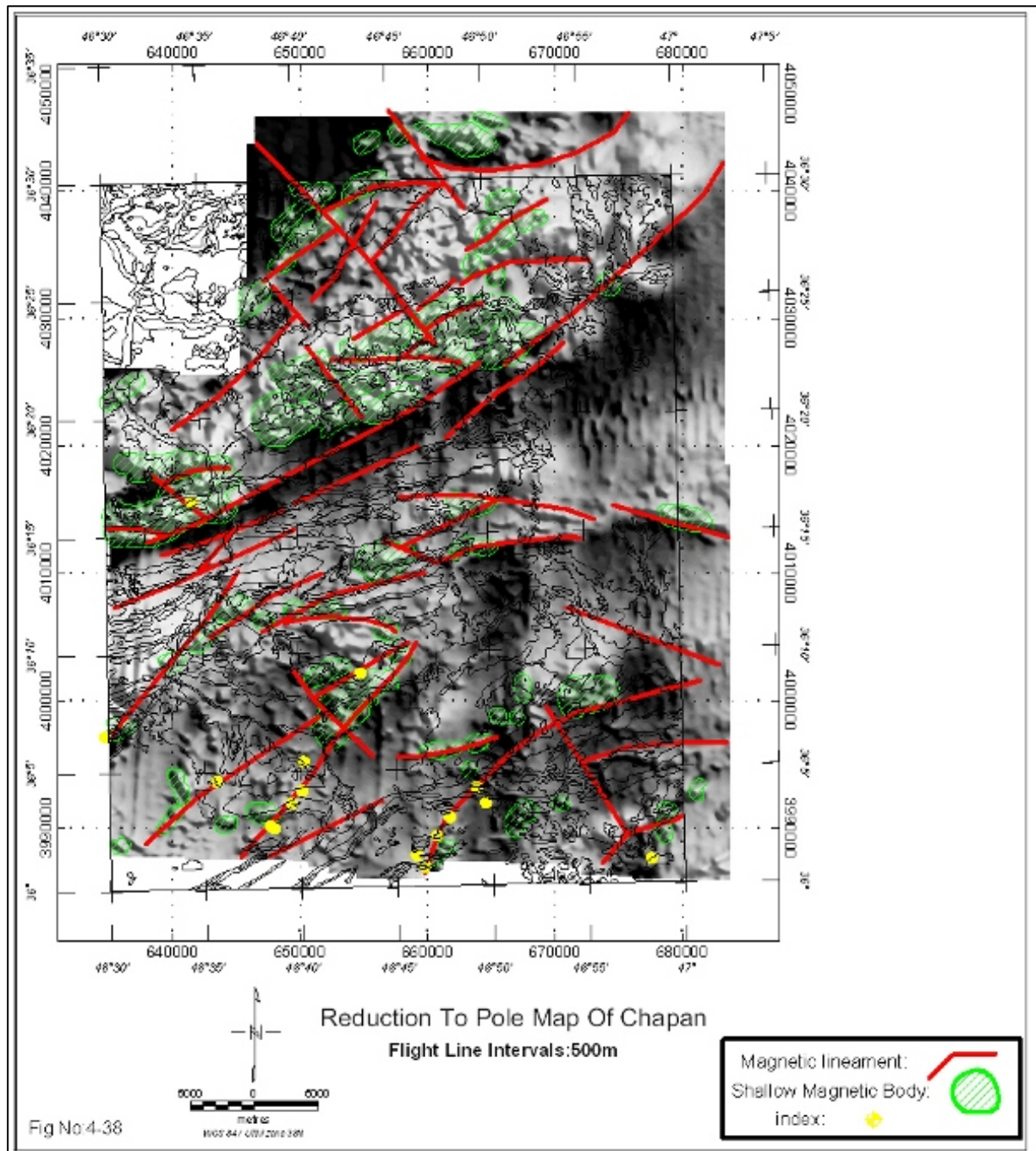
تصویر ۴-۳۶ نقشه مشتق اول قائم سقز با استفاده از اطلاعات محلی



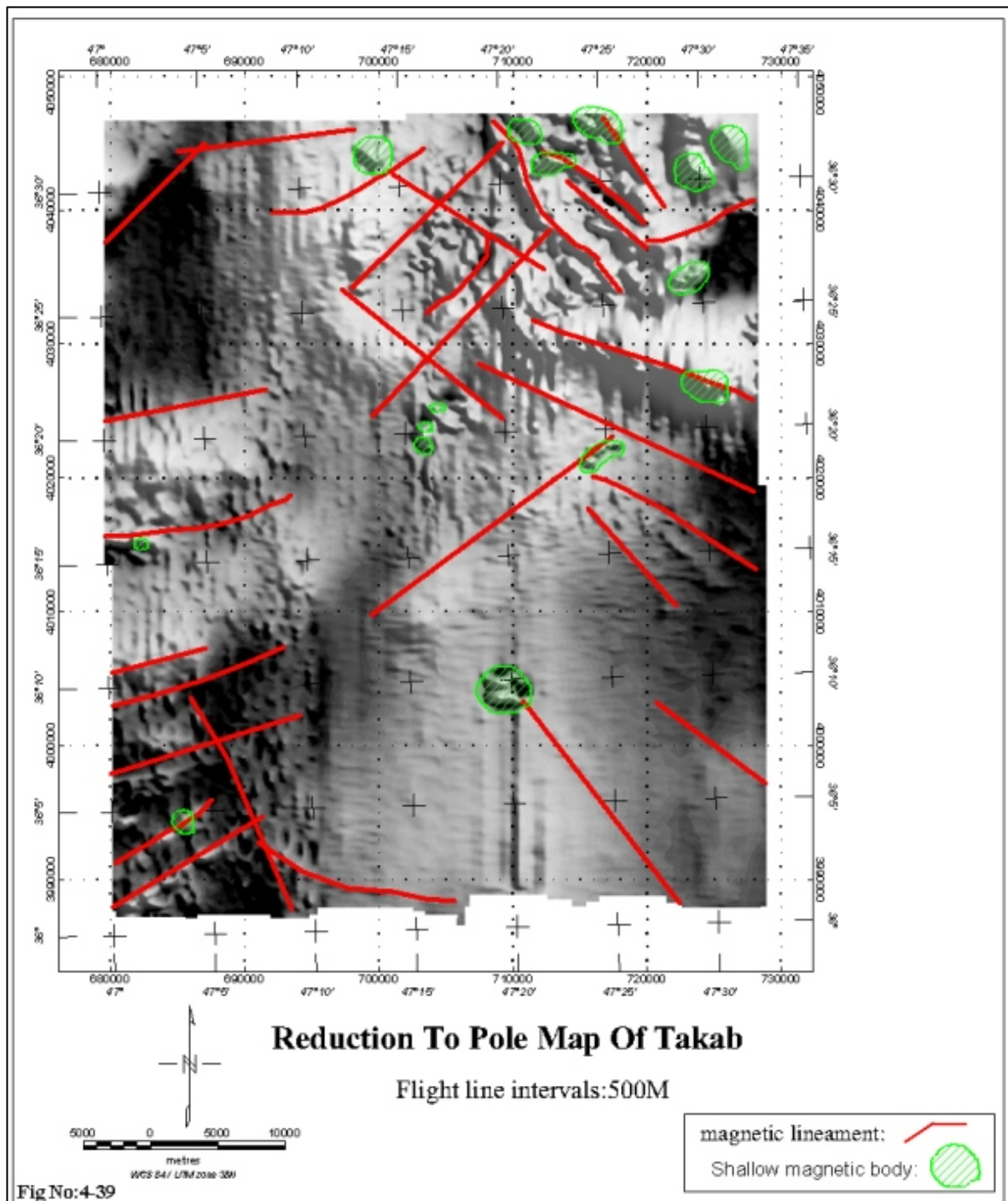
تصویر ۳۷-۴ نقشه مشتق اول قائم قجور با استفاده از اطلاعات محلی



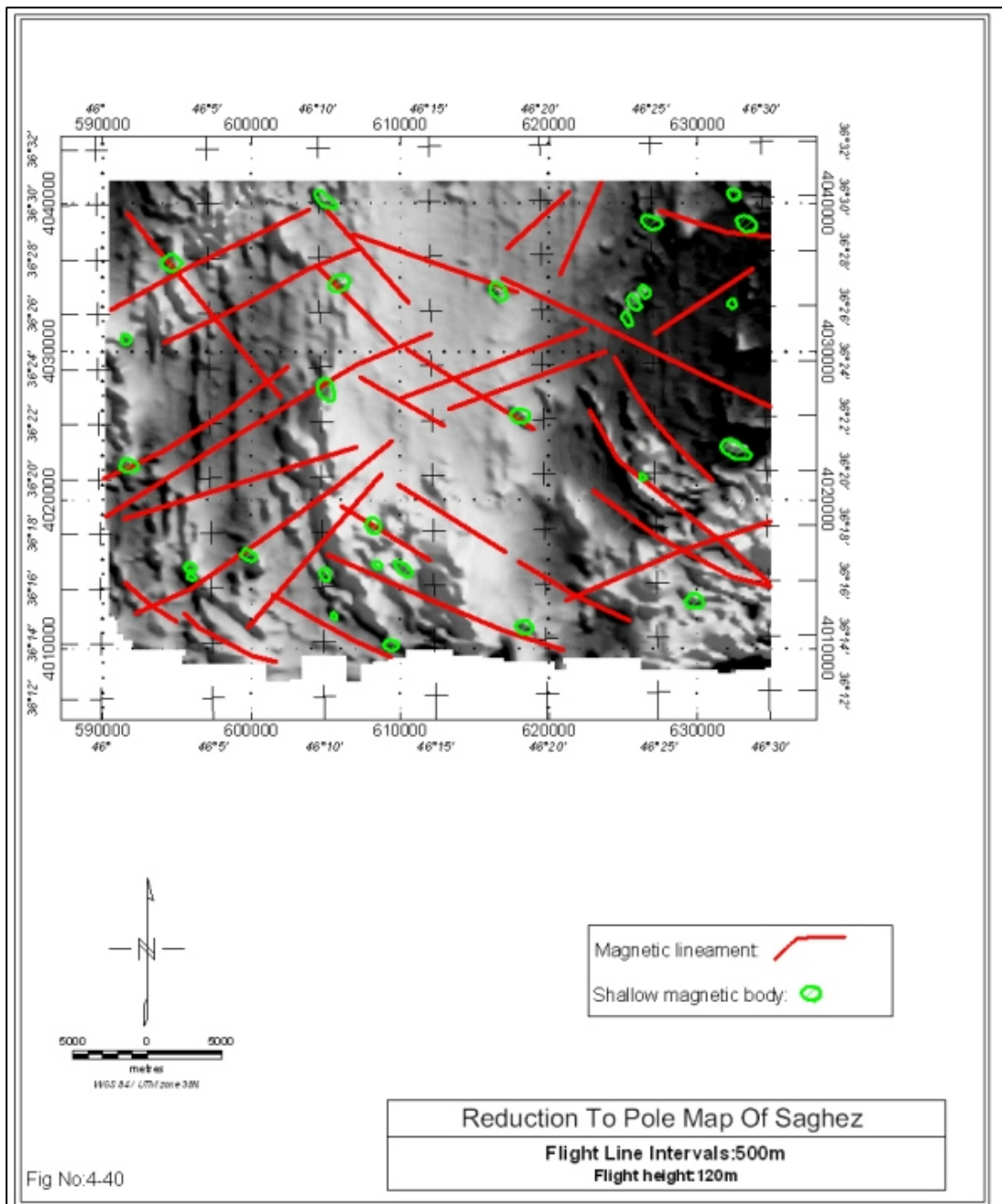
تصویر ۴-۳۸ خطواره‌ها و ترازهای کم‌عمق مغناطیسی حاصله با چپان با استفاده از اطلاعات محلی



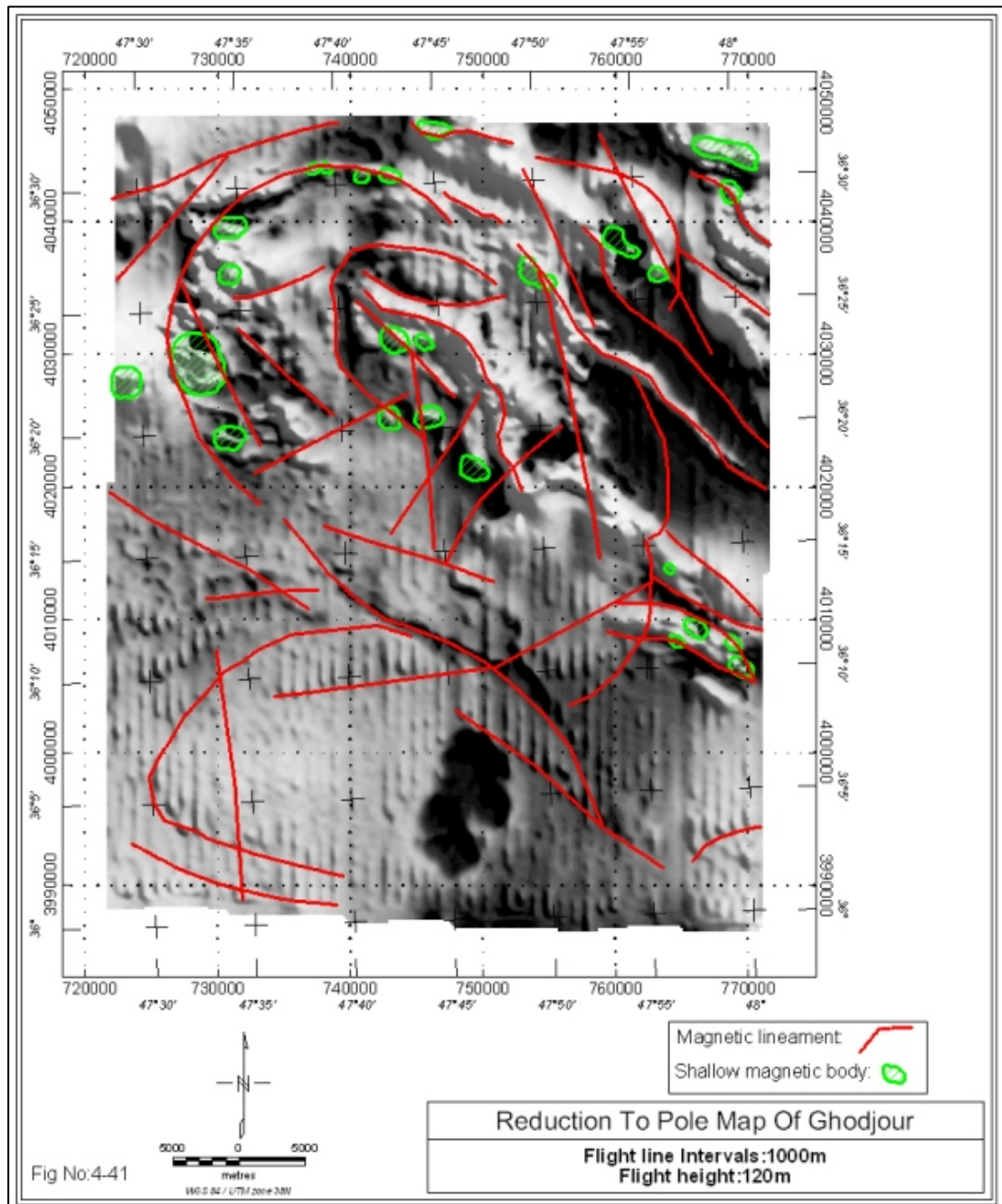
تصویر ۳۹-۴ خطواره‌ها و ترازهای کم عمق مغناطیسی حاصله تکاب با استفاده از اطلاعات محلی



تصویر ۴-۴۰ خطواره‌ها و ترازهای کم عمق مغناطیسی حاصله سقز با استفاده از اطلاعات محلی



تصویر ۴-۴۱ خطواره‌ها و ترازهای کم عمق مغناطیسی حاصله قجور با استفاده از اطلاعات محلی



الف) خواندن تصاویر

در این پروژه‌ها از تصاویر با فرمت **ecw** استفاده شد که برای انجام تصحیحات در نرم‌افزار **Geomatica**، فرمت تصاویر به **pix** تغییر یافت.

ب) پردازش بصری

در این مرحله با کمک نقشه‌های زمین‌شناسی مربوط به هر منطقه و ترکیب باندی ۵،۳،۱، عوارض مختلف از جمله خطواره‌ها، توده‌های نفوذی و آلتراسیون‌ها از تصویر استخراج می‌گردد. نقشه‌های مورد استفاده معمولاً در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ می‌باشد.

خطواره‌ها (Lineaments)

برای تشخیص و ترسیم خطواره‌ها از آشکارسازهای مختلف کمک گرفته و همچنین می‌توان در انجام این مرحله از فیلتر استفاده کرد. فیلتر مناسب برای این کار (**Edge Sharpening**) فیلتری است که در واقع لبه‌ها را بارزتر می‌نماید. بهتر است که سعی شود حتی‌المقدور با استفاده از شواهد جایجایی لایه‌ها و تغییررنگ، جنس، امتداد و ضخامت لایه‌های زمین‌شناسی، خطواره‌ها همان گسلها باشد و از ترسیم عوارض خطی چون جاده‌ها، خط‌الرأس‌ها و غیره به جای گسل خودداری گردد.

توده‌های نفوذی (Intrusions)

توده‌های آذرین نفوذی با استفاده از راهنمای نقشه زمین‌شناسی، شناسایی و با مقایسه نقشه با تصویر مربوط مشخص می‌شود. با کمک عوارضی همچون رودخانه‌ها، شهرها، راندگیهای بزرگ و ساختارهای مشخص زمین‌شناسی می‌توان محل این توده‌ها را بر روی تصویر مشخص نمود.

دگرسانی‌ها (Alterations)

دگرسانی‌ها معمولاً با تأثیر محلولهای هیدروترمال بر سنگهای منطقه ایجاد می‌شوند. این محلولهای داغ غنی از عناصر سنگین در تماس با سنگها، با آنها تبادل یونی برقرار کرده و عناصر سنگین آنها جانشین برخی از عناصر موجود در سنگها می‌شود که این عناصر می‌توانند از نظر اقتصادی باارزش باشند. به همین دلیل

شناسایی و یافتن محل‌های دقیق این دگرسانی‌ها می‌تواند در پی‌جویی اندیس‌های معدنی نقش مهمی را ایفا نماید.

انواع دگرسانی‌های آرژیلیتی، اکسید آهن، پروپیلیتی و تا حدودی سیلیسی شدن را می‌توان در تصاویر ماهواره‌ای تفکیک کرد.

ابتدا با استفاده از مقایسه بصری تصویر و نقشه زمین‌شناسی و با مشاهده رنگ‌های خاص دگرسانی در اطراف توده‌های نفوذی و راندگی‌های مهم، این عوارض تفکیک می‌گردد. سپس با روش‌های مختلف پردازش رقومی محل دقیق‌تر آن به دست می‌آید.

ج) پردازش رقومی

حال به انجام مراحل پردازش رقومی پرداخته تا صحت و سقم دگرسانی‌های مشخص شده در مرحله قبل اثبات گردد. مراحل پردازش رقومی شامل:

۱- نسبت‌گیری از باندها (Band Ratio)

۲- آنالیز مؤلفه‌های اصلی (Principal component analysis)

۳- طبقه‌بندی تصویر (Image Classification)

۴- فیلتر کردن تصویر (Image filtering)

نحوه کار در پروژه مورد نظر

بر اساس نوع اطلاعات مورد درخواست جهت استخراج از تصویر یک یا چند روش از روش‌های ذکر شده در بالا به کار برده می‌شود. در اینجا معمولاً روش نسبت‌گیری از باندها و همچنین آنالیز مؤلفه‌های اصلی استفاده شده است.

استفاده از روش نسبت‌گیری

روش‌های نسبت‌گیری به شرح زیر انجام شد.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ARI : 5-7} \\ \text{ARI : 4-2} \\ \text{ARI : 3-1} \end{array} \right. \quad \text{or} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{ARI : 5/7} \\ \text{ARI : 4/2} \\ \text{ARI : 3/1} \end{array} \right.$$

در این روش‌ها ترکیبات جدید بانندی که ساخته می‌شود، آلتراسیون و اکسید آهن تفکیک می‌گردد. علت این عملیات این است که مثلاً رسها بیشترین بازتاب را در باند ۵ و کمترین بازتاب را در باند ۷ دارند و تفریق یا نسبت‌گیری این دو باند موجب می‌شود که تنها آلتراسیون‌های رسی نمایش داده‌شده و بقیه عوارض که بازتابی خارج از این محدوده طیفی دارند، حذف گردند. البته عوارضی چون آهنک، زمین‌های کشاورزی و گاه رودخانه‌ها نیز بازتابی مانند رسها دارند که در اینجا بهترین روش برای جداسازی آلتراسیون‌ها این است که تنها در چهارچوب محدوده‌های رسم شده با پردازش بصری در ترکیب بانندی ۵،۳،۱ آلتراسیون‌ها تفکیک گردند.

به همین ترتیب پوششهای گیاهی بیشترین بازتاب را در باند ۴ و کمترین آن را در باند ۲ و اکسیدهای آهن بیشترین و کمترین بازتاب را به ترتیب در باندهای ۳ و ۱ دارند.

استفاده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی

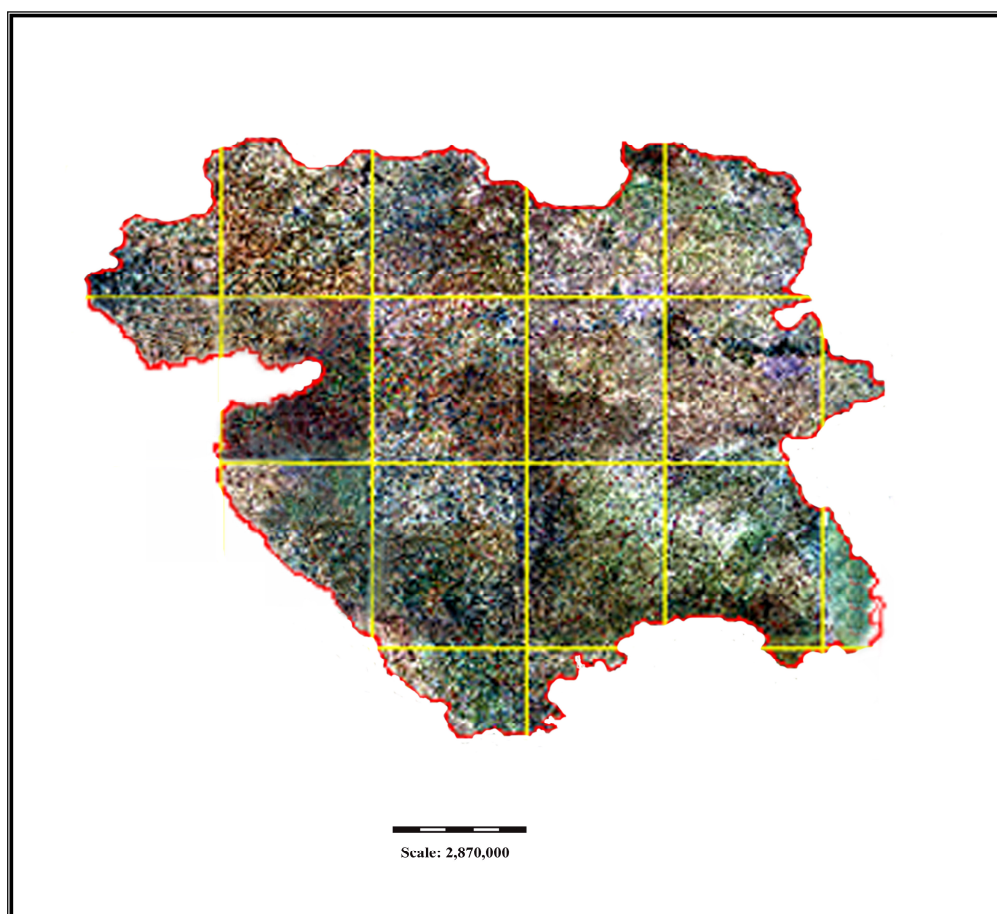
پس از تفکیک محدوده‌های دگرسانی و اکسید آهن حال می‌توان با بکارگیری روشهای آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) مهر تأییدی بر آلتراسیونهای مشخص شده، زد. در این روش از دومین مؤلفه اصلی ناشی از آنالیز مؤلفه‌های اصلی باندهای ۵ و ۷ که مناطقی را که باندهای ۵ و ۷ بیشترین اختلافات را دارد، بارز می‌کند (Selective Principle Component) و همچنین از چهارمین مؤلفه اصلی حاصل از تبدیل مؤلفه‌های اصلی باندهای ۱،۴،۵،۷ (Feature Oriented Principal Component) جهت بارزسازی آلتراسیونهای رسی در تصویر استفاده می‌شود.

برای بارزسازی اکسیدهای آهن نیز از روشهای فوق‌منتهدی با استفاده از باندهای ۳ و ۱ در روش اول و ۱،۳،۴،۵ در روش دوم، استفاده می‌گردد. از ترکیبات بانندی متفاوت دیگر نیز در روشهای نسبت‌گیری و آنالیز مؤلفه‌های اصلی، جهت آشکارسازی آلتراسیون‌ها استفاده می‌شود که تمام این موارد و نوع انتخاب باندها با تجربه کاربر و روشهای آزمون و خطا ارتباط تنگاتنگ دارد. به این ترتیب که مثلاً در یک تصویر عملیات نسبت‌گیری از باندها تفکیک بهتر و واضح‌تری از آلتراسیون‌ها به ما ارائه می‌دهد و در تصویر دیگر به جای نسبت‌گیری، بهتر است برای نتیجه‌گیری بهتر از عملیات تفریق باندهای مورد نظر استفاده نمود.

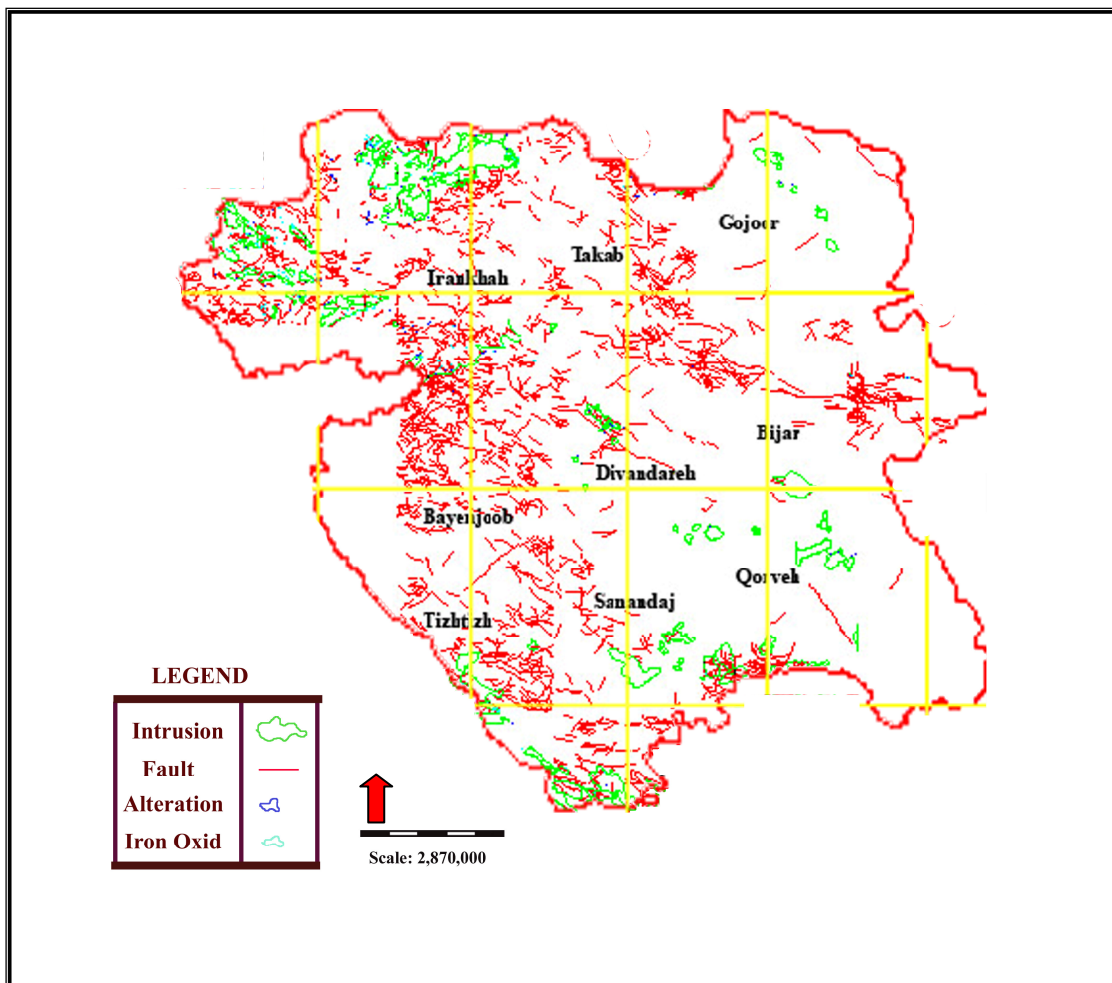
همچنین به جای استفاده از ترکیبات بانندی ذکر شده در بالا می‌توان از ترکیبات دیگر (با توجه به هدف مورد نظر از پردازش تصاویر)، استفاده نمود.

تصاویر مربوط به پروژه کردستان

در اینجا ابتدا تصویر ماهواره‌های لندست با ترکیب بانندی ۵،۳،۱ مربوط به کل استان به همراه منحنی‌ها و خطوط مشخص کننده خطواره‌ها، توده‌های نفوذی، آلتراسیون‌ها و اکسیدهای آهن نشان داده شده‌است.

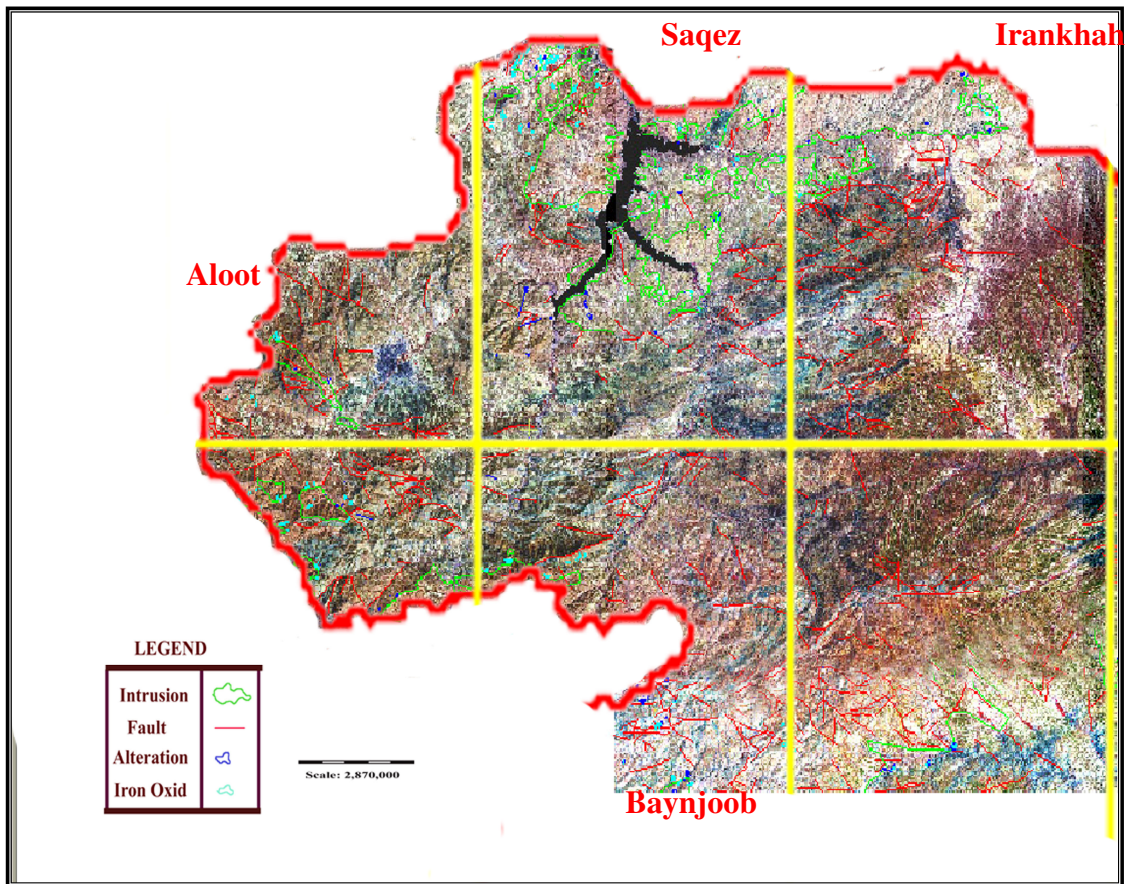


تصویر ۴-۴۲ تصویر ماهواره‌ای لندست با ترکیب بانندی ۵،۳،۱ (استان کردستان)

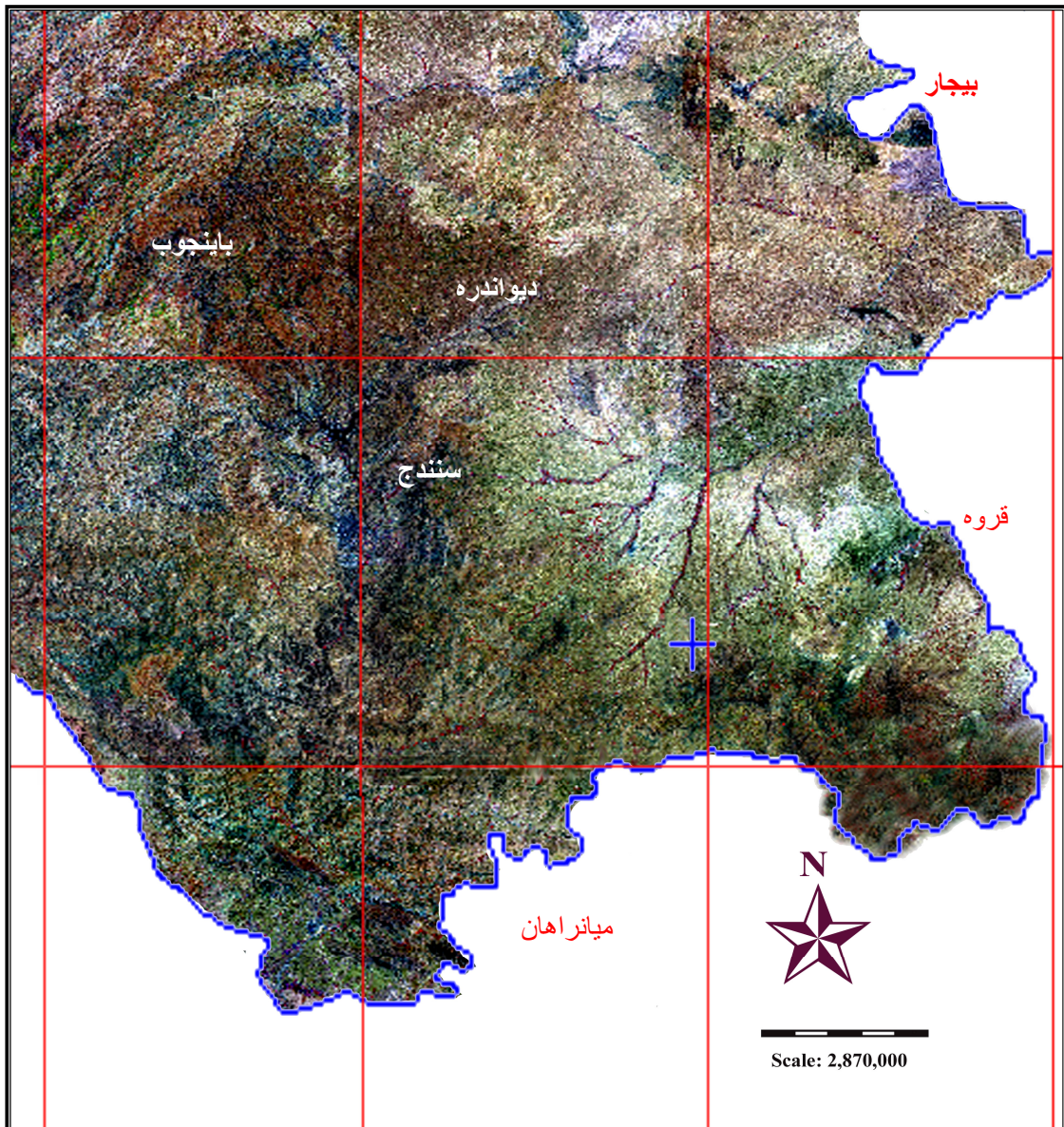


تصویر ۴-۴۳ نمایش ساختارهای خطی و آلتراسیون‌ها در استان

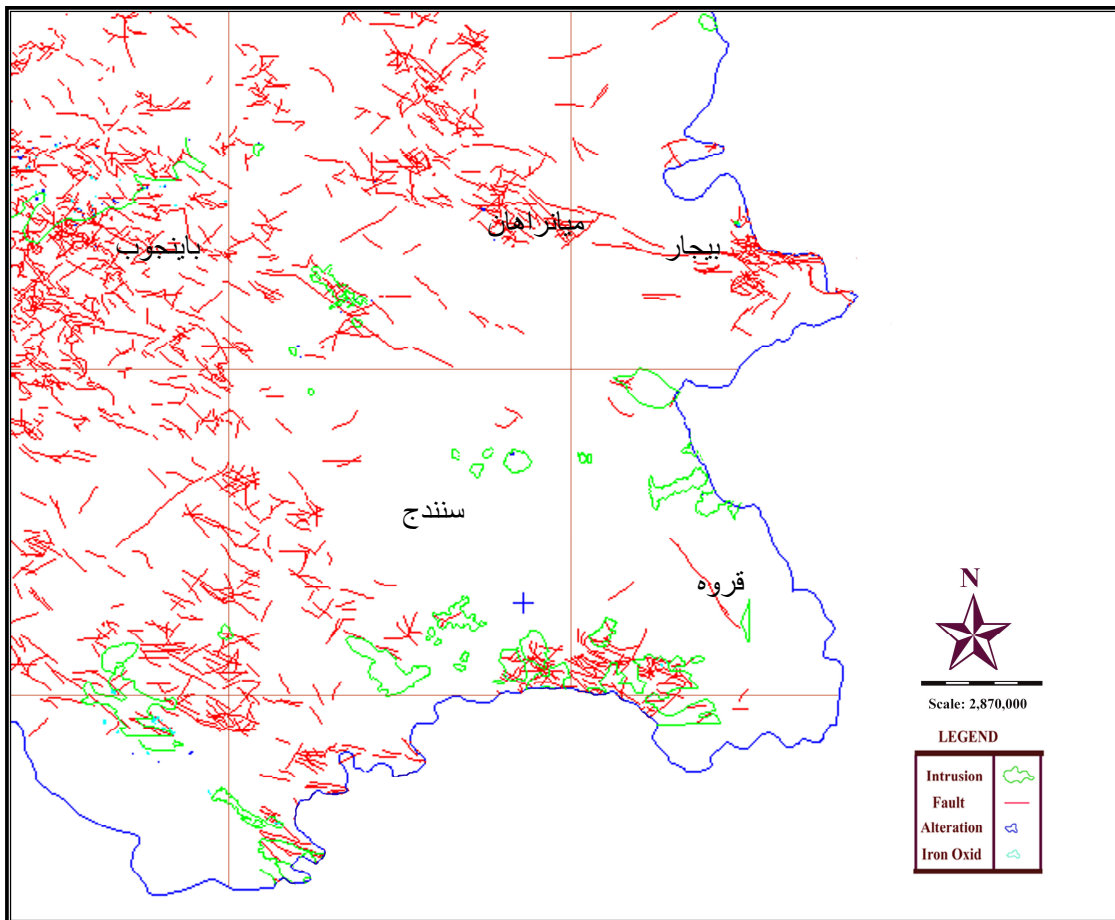
همانگونه که در تصویر ۴-۴۳ نیز مشاهده می‌شود، بیشترین تمرکز آلتراسیون‌ها در برگه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ آلوت، سقز و ایرانخواه می‌باشد که همچنین تمرکز توده‌های نفوذی در این قسمت از استان بیش از سایر نواحی است. علاوه بر این نیز تمرکز دیگری در برگه‌های باینجوب، دیواندره، قروه و میانراهان نیز موجود می‌باشد که در تصاویر بعدی نشان داده شده است. این آلتراسیون‌ها به رنگ آبی در تصاویر زیر دیده می‌شود.



تصویر ۴-۴۴ ترکیب باندی ۱ و ۳ و ۵ از تصویر لندست مربوط
 به محدوده‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ آلو، سقز، ایرانخواه و باینجوب



تصویر ۴-۴۵ ترکیب باندی (۱ و ۳ و ۵) از تصویر لندست منطقه



تصویر ۴-۴۶ گسلها، توده‌های نفوذی، آلتراسیون‌ها و اکسید آهن در تصویر ماهواره‌ای مربوط به بخش جنوب‌خاوری استان

فصل پنجم

تلفیق و مدل‌سازی

۱-۵ مقدمه

در این پروژه برای مدل سازی مناطق مطلوب معدنی تنها از روش های مبتنی بر شناخت و تجربه کارشناس (در اینجا منطق فازی) استفاده شد. از روش های مبتنی بر داده ها (ارتباط اندیس ها با لایه های رخدادی) به دلیل نبود ارتباط معنی دار مکانی استفاده نشده است.

۲-۵ تلفیق و مدلسازی معرفی نواحی امید بخش به روش فازی

وزن دار نمودن اطلاعات برای استفاده در مدل سازی در اینجا با تکیه بر نظر متخصصین با استفاده از منطق فازی صورت گرفت. در این پروژه به هر یک از لایه های زمین شناسی ژئوفیزیک، ژئوشیمی، دورسنجی و توپوگرافی وزن های مورد نظر داده شد.

تعیین مقادیر عضویت هر یک از نقشه های رخدادی

۱- لایه زمین شناسی

همانگونه که در فصول قبلی اشاره گردید واحدهای در نظر گرفته شده در لایه زمین شناسی شامل واحدهای منبع، واحدهای میزبان، و اسکارن ها می باشند با توجه به جدول ۵-۱ بیشترین مقدار عضویت (بر اساس تجربه و شناخت کارشناس از نوع کانسار مورد مطالعه)، ارزش ۱ به واحدهای اسکارنی تخصیص داده شده است، ارزش ۰/۹ به واحدهای منبع داده شده که شامل سنگ های نفوذی اسیدی و کمپلکس های دگرگونی است و در نهایت ارزش ۰/۸ به واحدهای میزبان شامل سنگ های رسوبی آهکی و ماسه سنگها اختصاص داده شده است. شکل ۵-۱ واحدهای زمین شناسی با کدهای تخصیص داده شده را نشان میدهد.

جدول ۵-۱ مقادیر عضویت

ارزش	مقادیر عضویت
1	0.8
2	0.9
3	1

تصویر ۵-۱

۲- لایه کنتاکت‌های زمین‌شناسی

جهت استفاده از لایه کنتاکت بین واحدهای نفوذی (منبع) و واحدهای رسوبی (میزبان) ابتدا همبندی استخراج شده و به فواصل مورد نظر بافر گردید (مطابق تصویر ۲-۵). سپس طبق جدول شماره ۲-۵ ارزش گذاری شدند.

در این جدول فاصله تا ۲۰۰ متر ارزش ۰/۸ و فاصله تا ۲۰۰۰ متری ارزش ۰/۴ بین این مقادیر یک رابطه خطی واسطه‌یابی گردید.

جدول ۲-۵ مقادیر عضویت و ارزش‌های تعلق گرفته

ارزش	مقادیر عضویت
200	0.8
400	0.76
600	0.71
800	0.67
1000	0.62
1200	0.58
1400	0.53
1600	0.49
1800	0.44
2000	0.4
2001	0

تصویر ۵-۲

۳- لایه ژئوشیمی

همانگونه که در فصول قبلی ذکر گردیده اطلاعات ژئوشیمی شامل اطلاعات آنالیز رسوبات آبراهه‌ای و مطالعات کانی‌سنگین می‌باشد. جهت استفاده از لایه ژئوشیمیایی اطلاعات عناصر مربوط به کانی‌زایی اسکارن آهن و تنگستن بطور جداگانه ارزش‌دهی شده‌است و همانگونه که قبلاً ذکر شده‌است برای آنومالی هر عنصر دو تابع جداگانه و درجه ارزش متفاوت تعریف شده‌است. جداول ۳-۵ و ۴-۵ مقادیر عضویت را برای آنالیز رسوبات آبراهه‌ای و کانی‌سنگین را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۵ مقادیر عضویت عناصر ژئوشیمیایی

نوع عنصر	تابع عضویت	تنگستن	آهن
As	3s	0.6	0.6
	2s	0.4	0.4
Au	3s		0.6
	2s		0.4
B	3s	0.6	0.6
	2s	0.4	0.5
Be	3s	0.6	
	2s	0.5	
Bi	3s	0.6	
	2s	0.5	
Cu	3s	0.5	0.7
	2s	0.4	0.5
Mo	3s	0.6	
	2s	0.5	
Sb	3s	0.6	
	2s	0.5	
Sn	3s	0.7	
	2s	0.6	
W	3s	0.9	
	2s	0.8	
Zn	3s	0.4	0.6
	2s	0.3	0.4
Factor of Fe	3s		0.8
	2s		0.6

جدول ۴-۵ مقادیر عضویت کانی سنگین

نوع کانی سنگین	مناطق آنومالی تنگستن	مناطق آنومالی آهن
Scheelite	0.9	
Casitrite	0.7	
Chalcopyrite	0.4	
Cinabar	0.5	
Orpiment	0.5	
Pyrite	0.4	
Magnetite	0.4	0.9
Gallena	0.4	
Flourite	0.4	

۴- لایه ژئوفیزیکی

تنها داده موجود ژئوفیزیکی که پوشش کامل استان را داشته باشد و بتوان از آن برای مدل سازی استفاده کرد شدت کل میدان مغناطیسی است که این اطلاعات در برگه های شمالی (قجور ، تکاب، چاپان و نیمی از برگه سقز) با دقت بالا و در بقیه برگه ها با کیفیت پایین تر موجود می باشد این دو نوع با هم ترکیب و تنها جهت مدلسازی کانسار آهن استفاده شد.

شکل شماره ۳-۵ طبقه بندی شدت کل مغناطیسی منطقه که مقادیر بالای آن جدا شده است را نشان می دهد. در نهایت بالاترین مقدار ارزش ۰/۸ و کمترین ارزش ۰/۶ و بین این دو یک ترکیب خطی واسطه یابی شد. که طبق جدول شماره ۵-۵ قابل مشاهده می باشد.

تصویر ۳-۵

جدول ۵-۵ مقادیر عضویت لایه ژئوفیزیک

VALUE	COUNT	Fe
1	3852	0
2	2268	0
3	9655	0
4	37702	0
5	67718	0
6	79021	0
7	273853	0
8	272886	0
9	446978	0
10	785506	0
11	1454279	0
12	1643609	0
13	1400705	0
15	1148428	0
16	824782	0.6
17	555278	0.62
18	449148	0.64
19	354273	0.65
20	257407	0.67
21	138514	0.69
22	119376	0.71
23	81946	0.73
24	65587	0.75
25	50592	0.76
26	55380	0.78
27	166740	0.8

۵- لایه دورسنجی

با توجه به مطالب گفته شده در بخش‌های قبلی از نتایج تفسیری تصاویر ماهواره‌ای تنها از لایه آلتراسیون‌های رسی و اکسیدهای آهن استفاده شد. این لایه‌ها بر اساس شدت نوع آلتراسیون در سه کلاس مختلف مطابق جداول ۵-۶ و ۵-۷ درجه‌بندی و ارزش‌گذاری شدند.

جدول ۵-۶ مقادیر عضویت لایه آلتراسیون رس

VALUE	W	Fe
1	0.5	0.3
2	0.6	0.4
3	0.7	0.5

جدول ۵-۷ مقادیر عضویت لایه آلتراسیون اکسید آهن

VALUE	W	Fe
1	0.3	0.5
2	0.4	0.6
3	0.5	0.7

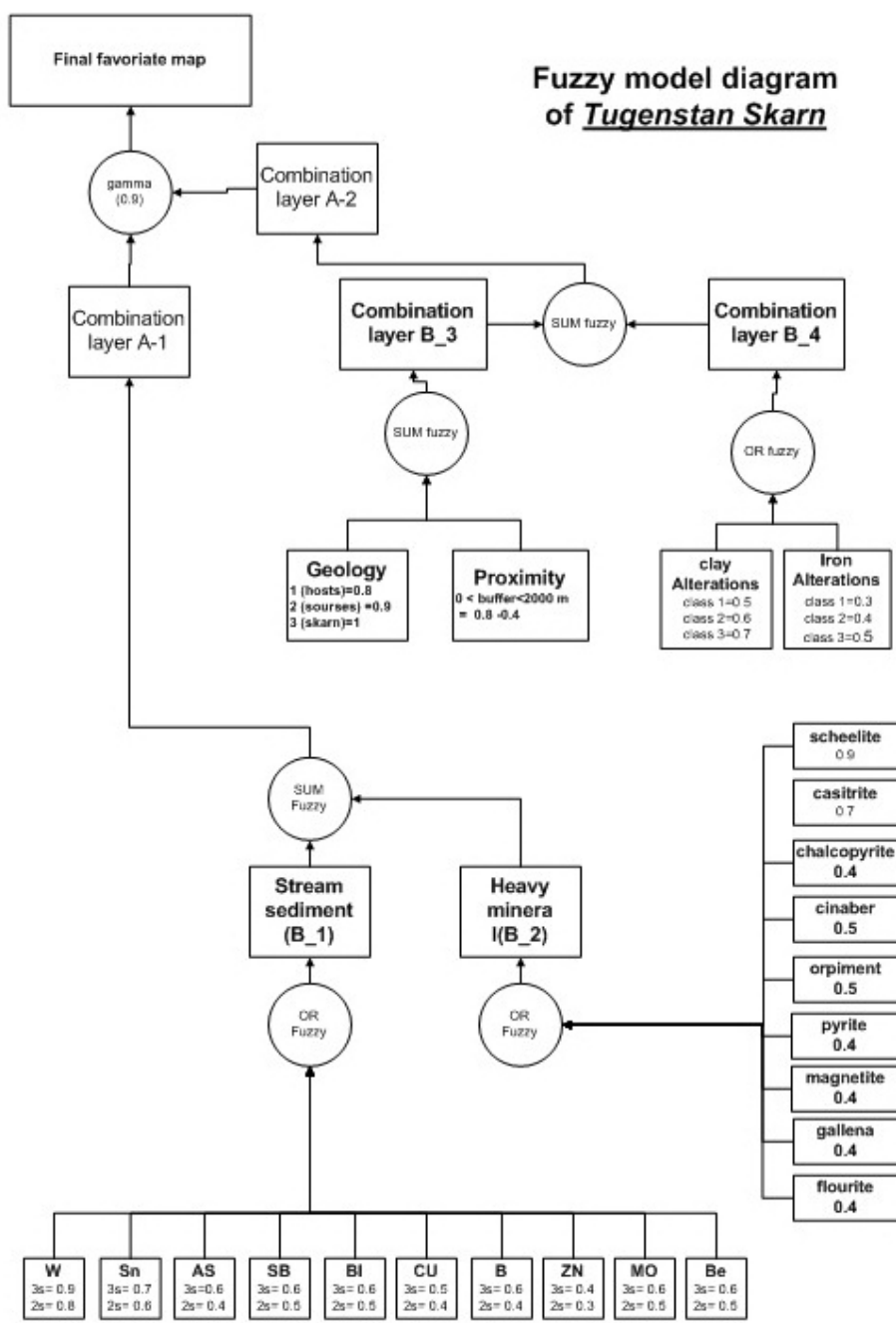
۶- لایه توپوگرافی

با توجه به مطالب گفته شده و ارتباط معنی‌دار مکانی آن با اندیس‌های آهن منطقه مقادیر تراز بالای ارتفاع ۱۹۰۰ متر را بعنوان مناطق مستعد برای تشکیل کانی‌سازی آهن انتخاب و ارزش‌گذاری شد. است.

۵-۳ تهیه مناطق امیدبخش معدنی و رتبه‌بندی

با استفاده از این لایه‌های آماده شده و ارزش‌گذاری شده می‌توان یک مدل‌سازی را بر اساس ترکیب این لایه‌ها بصورت فازی انجام داد. برای مدل‌سازی بهتر و معنی‌دارتر ابتدا لایه‌های که از لحاظ زمین‌شناسی دارای یک مفهوم هستند را به صورت نقشه‌های واسطه درآورده و سپس از تلفیق این لایه‌های میانی به

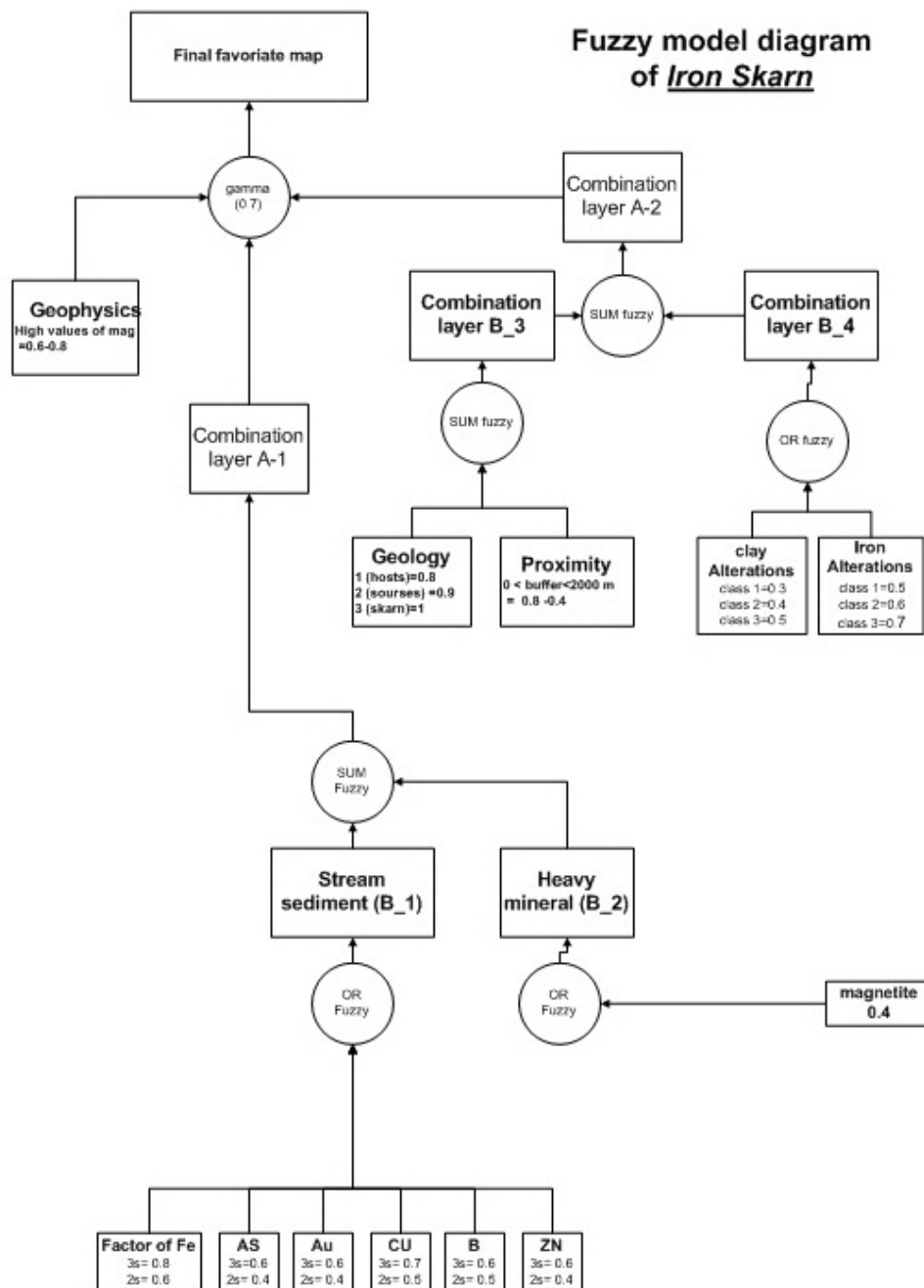
نقشه نهایی مورد نظر می‌رسیم. با در نظر گرفتن تمامی این موارد اقدام به ترکیب نقشه‌های رخدادی فوق بصورت فلوجارت ۵-۱ گشته و نقشه پتانسیل معدنی برای هر یک از نوع کانسارها آورده شده است.



همانطور که در فلوجارت ۵-۱ مشاهده می‌شود نقشه‌های آنومالی‌های ژئوشیمیایی (کانی‌سنگین و رسوبات رودخانه‌ای) با عملگر فازی Sum ترکیب و تولید یک لایه میانی (A1) شده، همینطور نقشه‌های زمین‌شناسی و کنتاکت‌ها با عملگر فازی Sum ترکیب شده و لایه میانی (B3) حاصل گشته و همینطور

نیز نقشه‌های آلتراسیون رسی و اکسید آهن نیز لایه میانی (B4) را به وجود آورده‌اند. از ترکیب لایه‌های میانی B4, B3، لایه میانی A2 بدست آمد و در آخر لایه A1, A2 با استفاده از عملگر گاما، نقشه نهایی مورد نظر را به وجود آورده‌است.

فلوچارت ۵-۲ مدل‌سازی اسکارن آهن را نشان می‌دهد که توضیحات فوق در مورد آن نیز صادق می‌باشد.



در نهایت با استفاده از داده‌های موجود از جمله نقشه پتانسیل نهایی کانسار مورد نظر، تصویر ماهواره‌ای، آبراهه‌های منطقه، و با در نظر گرفتن دیگر لایه‌ها از جمله نوع واحد زمین‌شناسی نقشه مناطق پرتانسیل جهت کانی‌زایی اسکارن آهن و تنگستن مطابق تصاویر ۵-۴-۵ و ۵-۴-۵ تهیه گردید و در نهایت اقدام به جدایش مناطق مطلوب از جهت کنترل زمینی شد. (مطابق جدول ۵-۸)

جدول ۸-۵ مناطق مطلوب از جهت کنترل زمینی

ID	SAMPLE	GEO_UNIT	CONTACT	STREAMSEDI	HEAVYMINER	MAGNETITE	HIEGHT	X_COORD	Y_COORD
1	KARK_04	K2f	0			Low	1715	684545	3866504
2	KARK_01	gabbro_Skarn	1	Sn, W		high	1990	686266	3858146
3	KARK_02	K2f	0		Magnetite	high	2172	691462	3854228
4	KARK_03	gabbro_Diorite	0		Magnetite	high	1964	691629	3852672
5	KAM_02	hornfelce	0	Au	Scheelite	Moderate	1860	672611	3867203
6	KAM_01	hornfelce	0	As, Cu, W	Scheelite, Gold	high	2016	671118	3870135
7	KAM_04	gabbro	0	Cu		high	1826	679645	3860069
8	KAM_03	hornfelce	1	As, Cu, W		high	2376	666591	3871575
9	TIZ_01	gbf	1	Cu, W	Flourite	high	1455	660588	3877100
10	TIZ_02	gb_hornfelce	1	Ag, Cu		Moderate	2264	656852	3890154
11	TIZ_03	hz_gb	1			Low	1445	653113	3882563
12	TIZ_04	kslv_gb	1	Mo, Zn		high	1380	677302	3895239
13	SON_01	Trmv_gd	1			high	2300	764343	3875570
14	Qor_02	gd	0		Scheelite, casitrite	high	2435	754123	3878179
15	Qor_03	gd	0	W	Chalcopyrite, Scheelite	Low	2151	745204	3892582
16	Qor_04	Trmv_g	1			Moderate	2166	738410	3886101
17	Qor_01	Skarn_gd	1			high	2249	763621	3877680
18	SAN_01	gd_limestone	1	Mo, Au, Sn, W		high	2053	706720	3885998
19	SAN_02	gd_limestone	1	Sn, W		high	2173	708539	3891061
20	SAN_04	Trjl_mv	0			high	1977	713556	3880204
21	SAN_03	ryiolite_gd	1	Mo, Ag, Sn, W		high	1979	710376	3896954
22	PAV_01	sy_Hf	1			Low	1735	621810	3914653
23	QOJ_01	di_gd	1	Cu, Zn		high	2280	726310	4025846
24	CHAP_01	Kvs_Pr	0	As	Magnetite, Scheelite	high	1612	640725	4015745
25	CHAP_10	Kvs_Pr	1			high	1650	635773	4014108
26	CHAP_06	Kvs	0	Au	Magnetite	high	1807	662309	4027497
27	CHAP_13	Kvs	0			high	1924	653176	4020075
28	CHAP_02	mt	0		Magnetite, Pyrite, sch	Moderate	1742	637811	3990559
29	CHAP_03	mt	0	Mo, Au		Moderate	2240	647699	3990307
30	CHAP_11	mt	0	W	Scheelite	Moderate	1804	641484	3988621
31	CHAP_04	ml	0	Zn		Moderate	2269	650441	3992798
32	CHAP_07	mt	0	W	Scheelite	Low	2409	661914	3991565
33	CHAP_08	KlId	0	Be, Sn		Low	2483	666099	3992734
34	CHAP_12	KlId	0	Sb		Low	2110	677813	3987543
35	CHAP_05	Pr	0		Pyrite	high	2005	655874	4010164
36	CHAP_09	alteration zone	0		Pyrite	high	1927	656584	4003575
37	CHAP_14	tonalite_gd	0	Mo, As, B, W	scheelite_	Low	1623	643990	4034709
38	BAY_01	PZvc	0	Sn, W	Magnetite, Pyrite, sch	Low	2013	651257	3976167
39	BAY_03	PZvc	0	Mo, As, Bi, Sn	Pyrite, Scheelite	Low	1947	649160	3980144
40	BAY_02	PZvc	0	Mo, Ag, Bi, Zn		Low	1935	649438	3975396
41	BAY_07	Kslv	0			Low	1952	676242	3979725
42	BAY_06	Kslv	0	As, B	Scheelite	Moderate	2018	636806	3958173

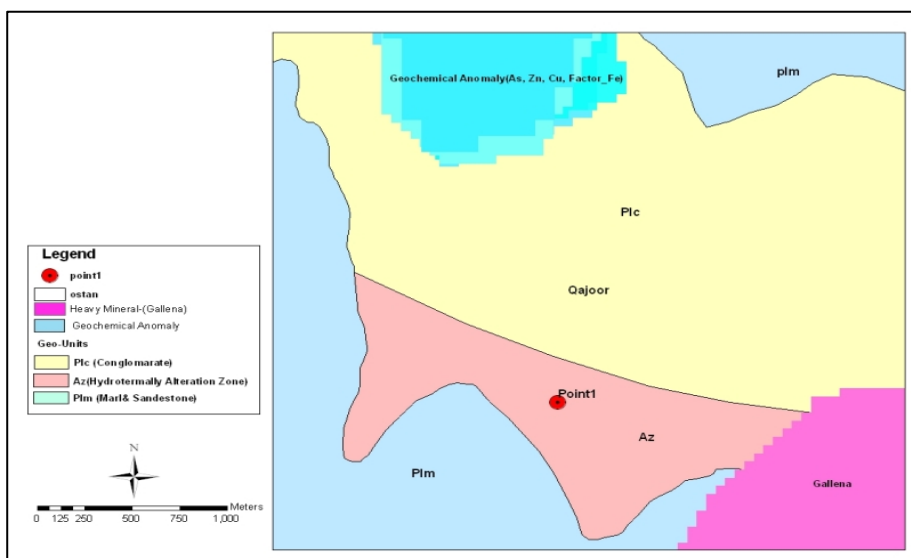
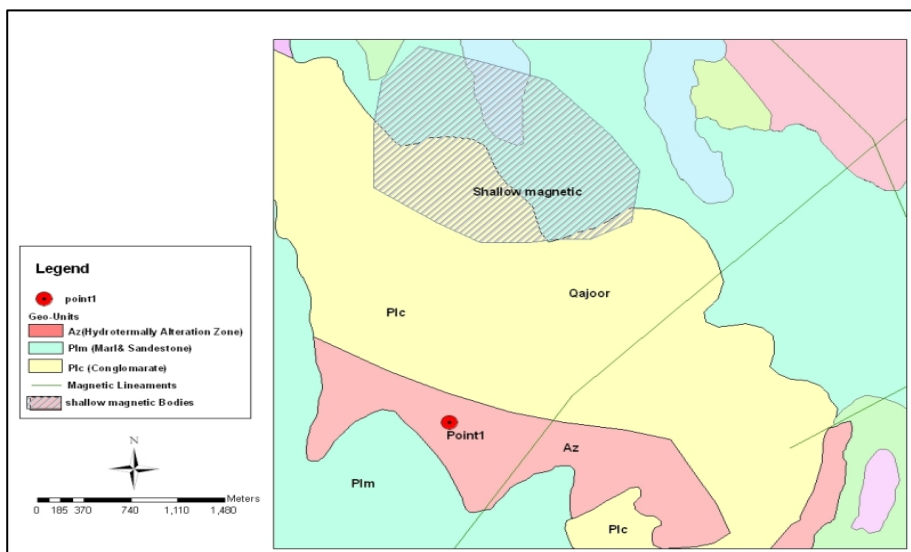
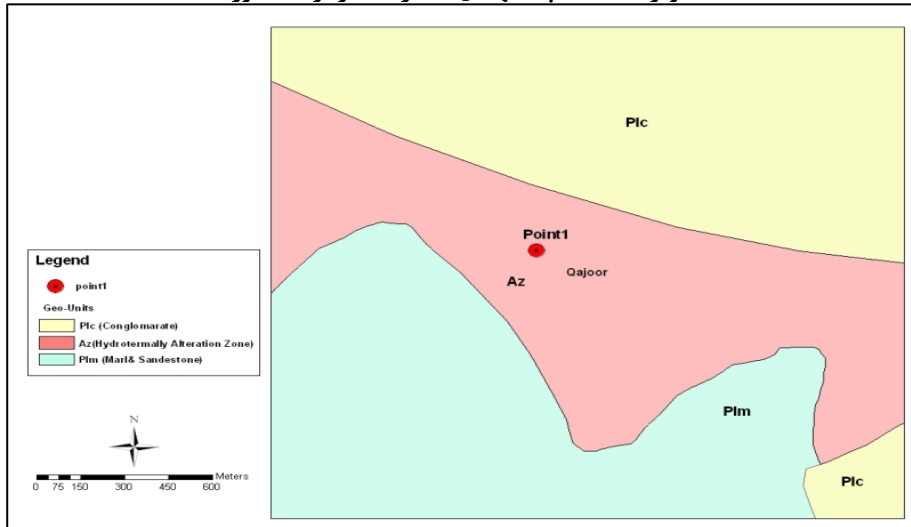
ID	SAMPLE	GEO_UNIT	CONTACT	STREAMSEDI	HEAVYMINER	MAGNETITE	HIEGHT	X_COORD	Y_COORD
44	BAY_04	PZvc	0			Low	1905	640583	3980511
45	MAR_01	Gr_Hf	1	W		Low	1356	598458	3940620
46	SAQ_01	g	1	Cu		high	1683	623154	3995706
47	SAQ_02	g_skarn	0			high	1554	620521	3990112
48	SAQ_03	g_skarn	1			high	1548	616499	3989929
49	SAQ_04	Mtgr_gn	1		Gold	high	1960	606116	3996584
50	SAQ_06	G1	1			high	1809	599681	3998266
51	SAQ_07	Mtgr_gn	0			Low	1863	599059	3989674
52	SAQ_05	Ksh	0			high	1556	624971	4005029
53	ALU_02	Pesch	1	Mo, Be, Sn	Magnetite, Pyrite, Gold	Low	1863	588257	4008621
54	ALU_01	Pesch_g	1	Be, Sn	Scheelite	Low	1738	585518	4007397
55	ALU_03	Pesch	0	Au		Moderate	1969	577473	4008631
56	ALU_04	Pesch	0	B, Bi	Scheelite	high	1896	586310	3995339
57	ALU_05	Pesch	0	As, Sb	Chalcopyrite, Pyrite, sch	Low	1996	563227	4006727
58	BAN_01	Kph_gr	1		Cinaber	Moderate	1645	573951	3975946
60	BAN_02	Kph_gb-di	1			high	2023	586636	3981496

همانطور که اشاره شد آنومالی‌های حاصل از مدلسازی در محیط GIS مشخص و تعدادی از آنها مورد بازدید صحرایی قرار گرفت. ولی تعداد کمی از اهداف اکتشافی ممکن است در مناطق پوشیده از آبرفت بوده باشد که در دید اول، اهداف بی‌اهمیت تلقی گردد. این اهداف به ویژه اگر دشت پوشیده از آبرفت آنرا پوشانیده باشد ممکن است ارزش بالایی داشته باشد که در صورت وجود آنومالی‌های ژئوفیزیکی ارزش آن دوچندان می‌شود.

در محدوده پروژه (استان کردستان) اگر چه دشت پوشیده از آبرفت چندانی به مانند ایران مرکزی و خاور ایران مشاهده نمی‌شود ولی تعداد محدودی از آنومالی‌ها در روی رسوبات آبرفتی قرار دارند لذا با توجه به پیشنهاد مشاور جهت اکتشاف اسکارن‌های آهن و تنگستن در مناطق پوشیده شده از آبرفت اطلاعات مجدداً مورد بازبینی قرار گرفت و از اطلاعات ژئوفیزیک و ژئوشیمی و اندیس‌های معدنی برای تشخیص مناطق پیشنهادی استفاده گردید و مناطق زیر جهت اکتشاف پیشنهاد می‌گردد.

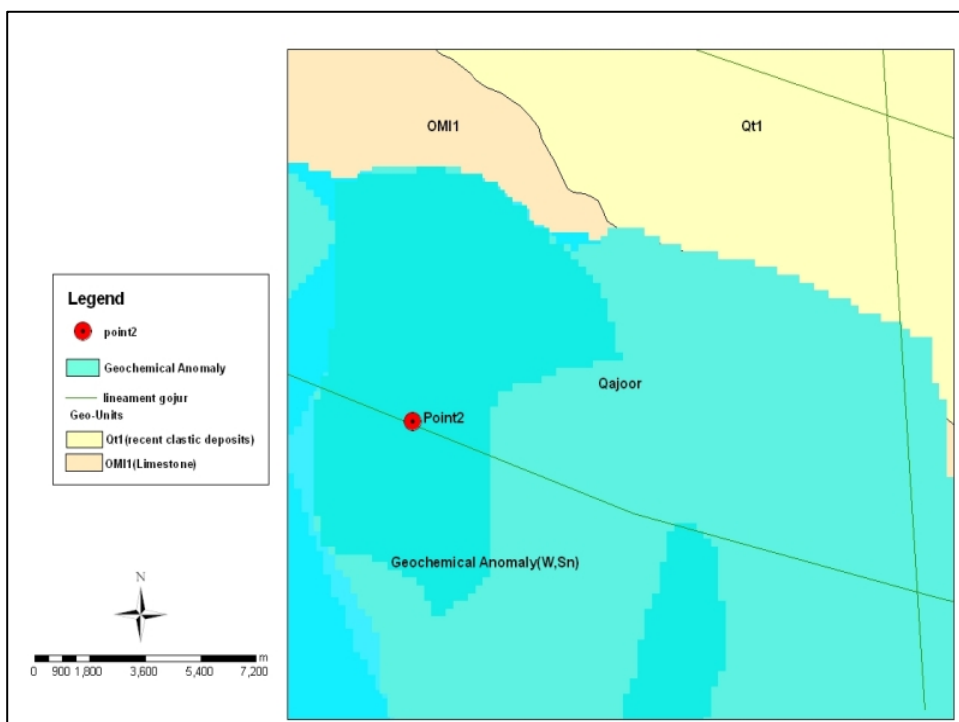
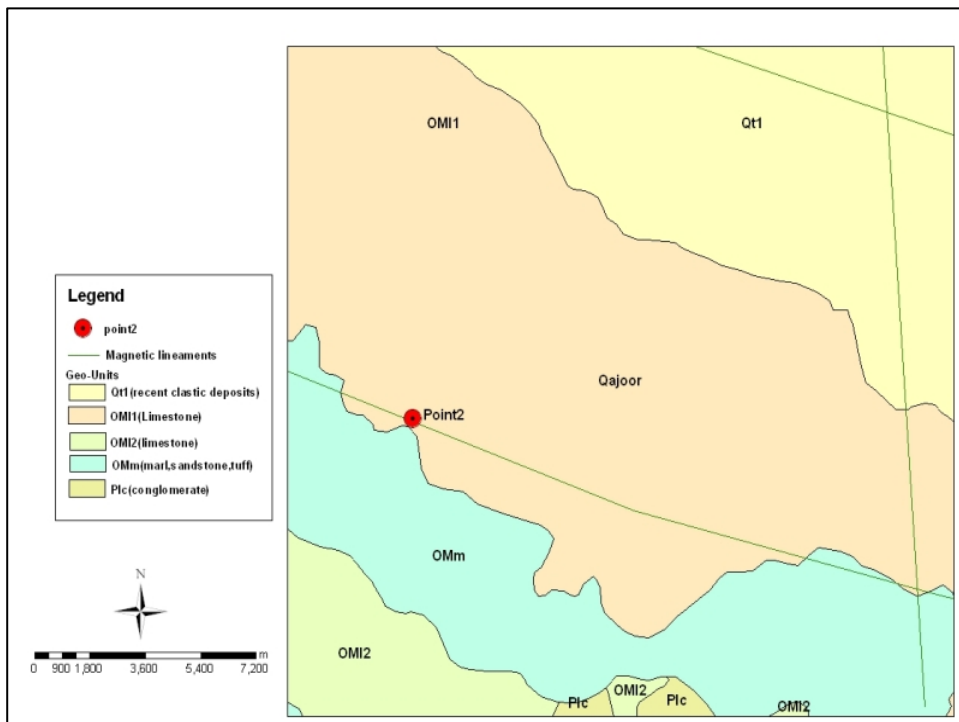
۱- در برگه قجور مطابق تصویر ۵-۶ یک زون هیدروترمال مشاهده می‌شود که در حواشی یک توده نفوذی کم عمق قرار دارد و توسط خطوط ژئوفیزیک قطع شده و آنومالی‌های آهن، آرسنیک، مس، روی و آنومالی کانی‌سنگین گالن در این محدوده وجود دارد که دارای پتانسیل کانی‌سازی بوده نیازمند بازدید صحرایی می‌باشد.

تصویر ۵-۶-نقطه پیشنهادی شماره ۱ در برگه قجور



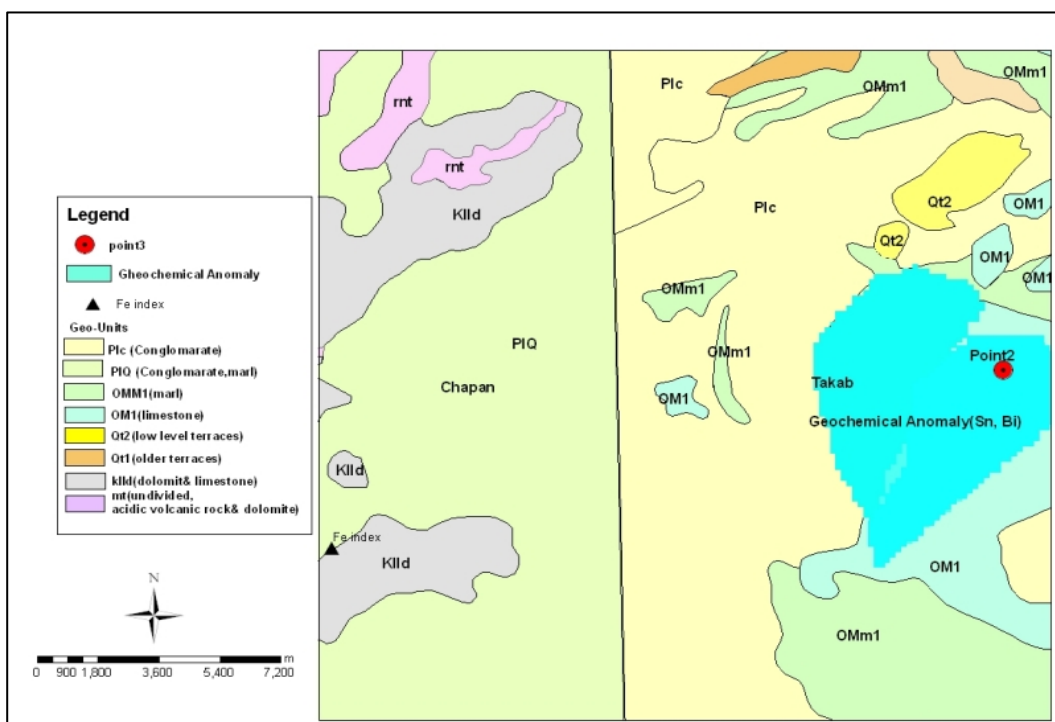
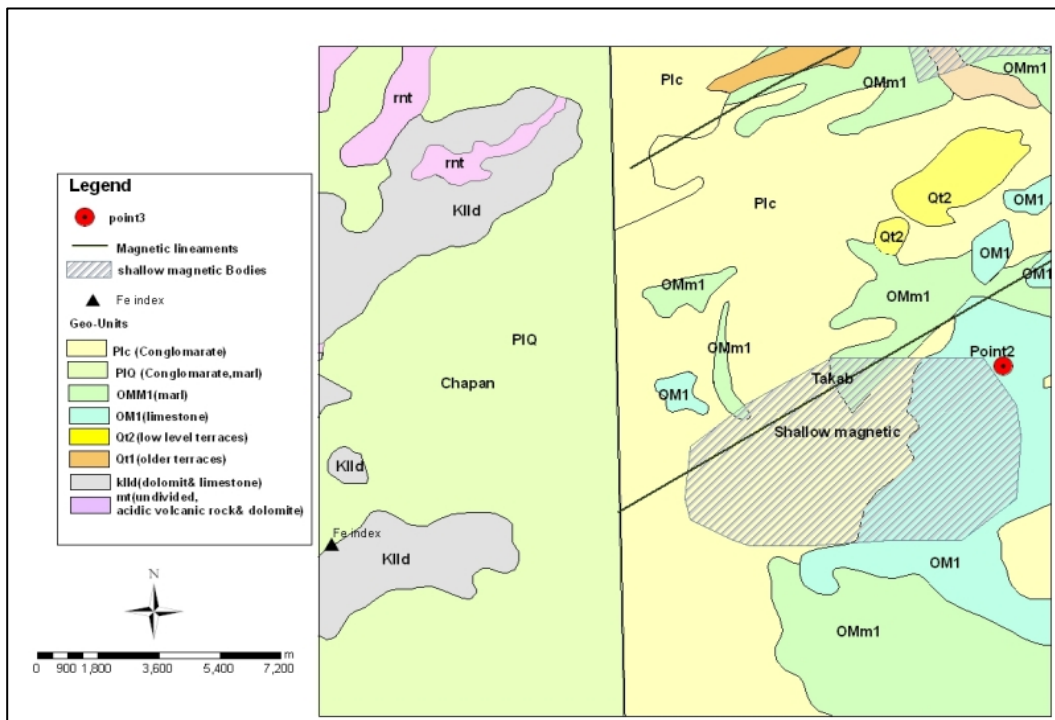
۲- در جنوب برگه قجور مطابق تصویر ۵-۷ از محدوده مورد نظر یک خطواره ژئوفیزیکی عبور نموده است. از نظر اطلاعات ژئوشیمی آنومالی‌های قلع و تنگستن در این محدوده وجود دارد. محدوده مورد نظر روی آبرفت واقع شده است.

تصویر ۵-۷ نقطه پیشنهادی شماره ۲ در برگه قجور



۳- در برگه تکاب مطابق تصویر ۵-۸ کنترل کننده‌ها خطواره‌های ژئوفیزیکی، توده‌های نفوذی سطحی که از اطلاعات ژئوفیزیک بدست آمده، آنومالی‌های ژئوشیمی قلع و بیسموت، واحدهای زمین‌شناسی سنگ‌آهک که اطرافش را آبرفت گرفته‌است و در ۴ کیلومتری جنوب‌باختری محدوده مورد نظر در برگه باینجوب یک اندیس آهن قرار گرفته‌است.

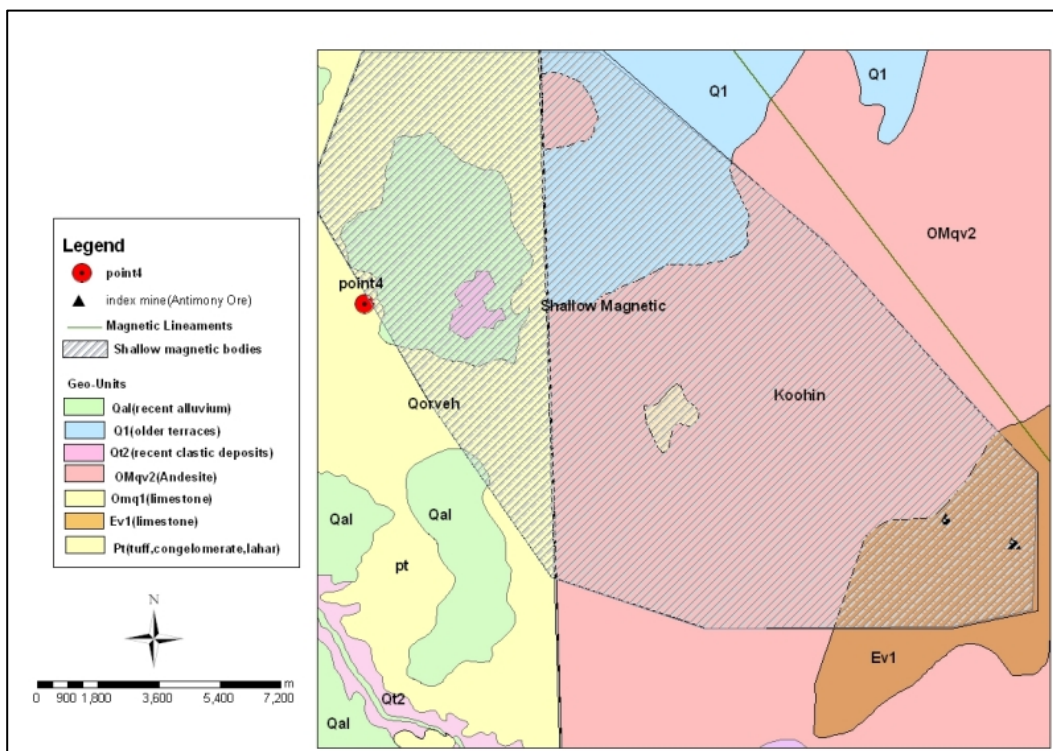
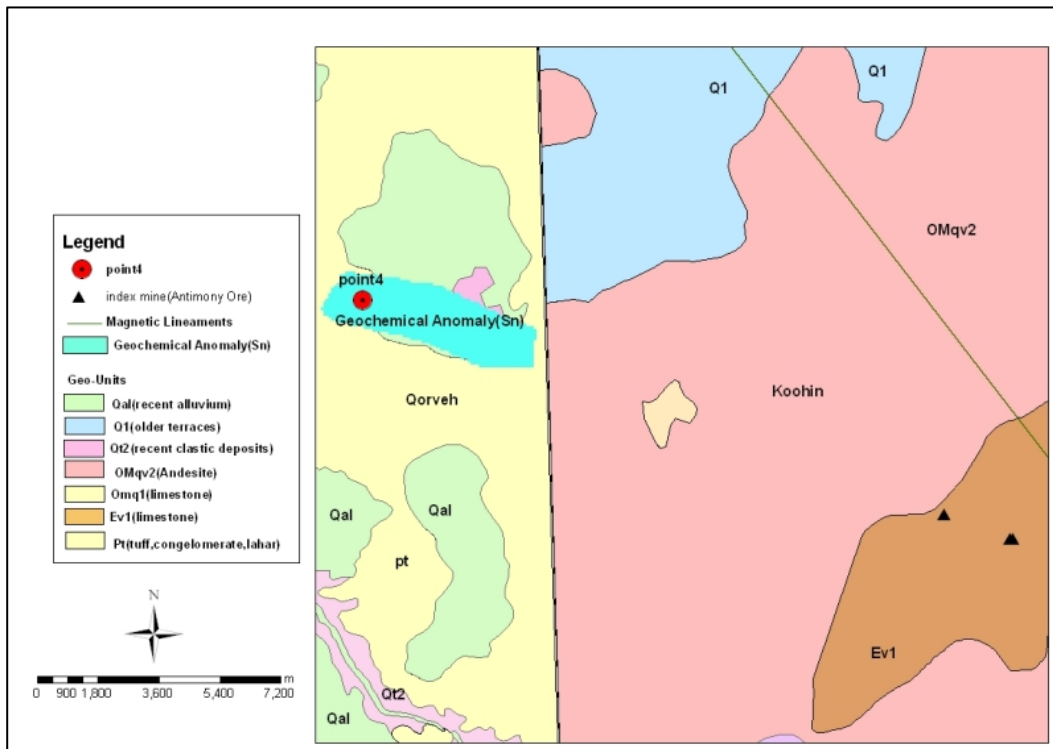
تصویر ۵-۸ نقطه پیشنهادی شماره ۳ در برگه تکاب



۴- محدوده بعدی مطابق تصویر ۵-۹ در خاور قروه نزدیک کوهین در حوالی معدن داشکسن واقع شده و

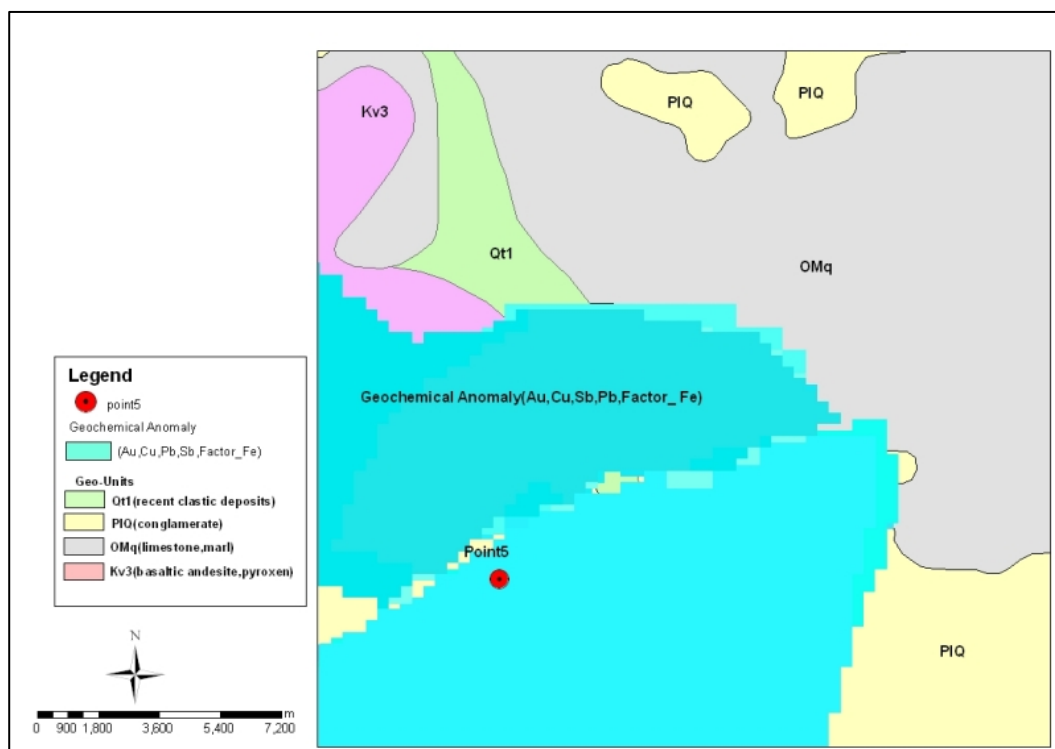
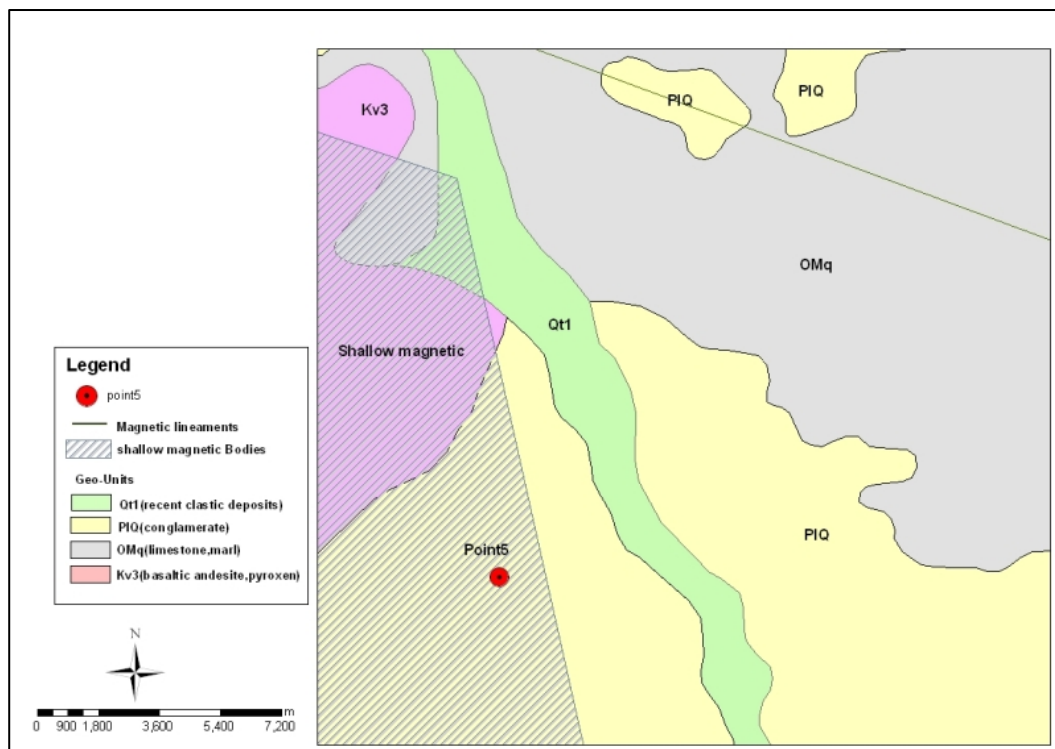
آنومالی ژئوشیمیایی قلع نیز دیده شده است.

تصویر ۵-۹ نقطه پیشنهادی شماره ۴ در برکه قروه



۵- در برگه چاپان مطابق تصویر ۵-۱۰ محدوده مورد نظر در داخل یک توده نفوذی کم عمق واقع شده است. آنومالی های ژئوشیمیایی آنتیموان، سرب، مس، و آنومالی حاصل از فاکتور آنالیز تیپ آهن مشاهده می شود.

تصویر ۵-۱۰ نقطه پیشنهادی شماره ۵ در برگه چاپان



همچنین مختصات نقاط فوق در جدول شماره ۵-۹ آورده شده است.

جدول شماره ۵-۹ مختصات نقاط پیشنهادی در مناطق آبرفتی

ID	X_COORD	Y_COORD
1	748924	4018862
2	728379	3990778
3	683693	3989364
4	769647	3903977
5	672131	4004535

فصل ششم

نتیجه گیری

استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در پتانسیل‌یابی موادمعدنی، مفید و موثر می‌باشد. این امر به ویژه به دلیل جمع‌آوری کلیه اطلاعات در دسترس، دسته‌بندی، ارزش‌گذاری و استخراج اطلاعات مورد نیاز کاربردی می‌باشد.

لذا پس از پردازش، تلفیق و ارزیابی اطلاعات، مدل‌سازی کانساری براساس نوع ماده معدنی و نوع کانسار صورت می‌گیرد. در پروژه حاضر تمام مراحل مذکور، شامل جمع‌آوری، پردازش و تلفیق و مدل‌سازی کانساری برای کانسارهای اسکارن و آهن و تنگستن در محدوده استان کردستان انجام گرفت و همانطور که اشاره شد تعداد ۶۰ هدف اکتشافی انتخاب و رتبه‌بندی شد که تعداد قابل توجهی از این نقاط مورد بازدید صحرایی قرار گرفت. از این نقاط بازدید شده تعداد ۲۶ نمونه برداشت شد و آنالیز گردید که نتایج آن در پیوست آمده است و با توجه به نتایج آنالیز و بررسی‌های انجام شده در دو محدوده کانی‌سازی آهن، اسکارنی جدید شناسایی و معرفی شدند که یکی از محدوده‌ها ابعاد بزرگتری داشته و بیشتر حائز اهمیت بود که مجدداً مورد بررسی قرار گرفت و تعداد ۷ نمونه از نقطه مورد نظر برداشت گردید که نتایج آنالیز آن در پیوست گزارش گردیده است. علاوه بر نقاط حاصل از مدل‌سازی رتبه‌بندی تعداد دیگری از نقاط نیز با استفاده از پارامترهای چون تصویر ماهواره‌ای انتخاب و بازدید شدند که در مبحث بعد گزارش صحرایی آن آورده شده است.

عملیات انجام شده در طی مدل‌سازی براساس اطلاعات موجود صورت گرفت، لذا در صورت وجود اطلاعات جدیدی چون اطلاعات ژئوفیزیک‌هوایی با فواصل پرواز کمتر، اطلاعات ژئوشیمیایی برگه‌هایی که فاقد داده‌های ژئوشیمیایی می‌باشند همین‌طور اطلاعات ماهواره‌ای (مانند داده‌های ماهواره استر) بایستی مدل‌سازی مورد بازبینی مجدد قرار گیرد.

نکته مهم دیگر اینکه در مطالعات صحرایی محرز گردید پتانسیل برخی دیگر از انواع کانسارها در استان بالا می‌باشد لذا به نظر می‌رسد مدل‌سازی براساس فاکتورهای موجود در ذخایر اپی‌ترمال طلا و ذخایر همراه با مناطق برشی نیز می‌تواند صورت گیرد.

براساس مطالب مذکور موارد ذیل نتیجه‌گیری می‌شود:

۱- تهیه و تولید اطلاعات جدید به منظور پتانسیل‌یابی موادمعدنی، از جمله داده‌های ماهواره‌ای با

قدرت تفکیک بالاتر و باندهای بیشتر، داده‌های ژئوفیزیکی با فواصل پرواز کم‌تر...

- ۲- در صورت وجود اطلاعات جدیدتر مدلسازی مجدداً مورد بازبینی قرار گیرد.
- ۳- استفاده از روش‌های مدلسازی کانساری در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای کانساریهای دیگر با پتانسیل رخداد بالا در استان کردستان
- ۴- بازدید از کلیه نقاط (رتبه‌های بالا و یا پائین) حاصل از مدلسازی انجام شده در محدوده پروژه
- ۵- بازدید از ۵ نقطه که در مناطق پوشیده توسط آبرفت قرار دارند و در اطلاعات ژئوفیزیک‌هوایی ناهنجاری نشان می‌دهند.
- علاوه بر پیشنهادات کلی ذکر شده برای دو محدوده اسکارنی شناسائی شده (مختصات مذکور در جدول ۶-۱) مراحل ذیل پیشنهاد می‌شود .
- ۱- تهیه نقشه زمین شناسی- معدنی میان مقیاس (به طورمثال ۱:۲۰,۰۰۰) در محدوده معرفی شده
 - ۲- حفر چند ترانشه در مرحله اول و بررسی اندازه و گسترش ماده معدنی
 - ۳- نمونه برداری از ترانشه‌ها
 - ۴- اجرای عملیات ژئوفیزیک زمینی در محدوده‌های معرفی شده در صورت لزوم
- بدیهی است ادامه عملیات اکتشافی پس از هر مرحله می‌تواند تصمیم‌گیری شود و در صورت وجود کانی‌سازی قابل توجه، مراحل اکتشافی مقدماتی نیمه تفضیلی بصورت سیستماتیک می‌تواند صورت گیرد.
- در یک محدوده از مناطق بازدید شده به مختصات $X=708437$ و $y=3891348$ ویژگی کانسارهای اپی‌ترمال به خصوص وجود برش‌های هیدروترمالی، ارتباط مشخص با توده‌های نفوذی وساب ولکانیک و دگرسانی سیلیسی مشاهده گردید که پیشنهاد می‌شود مجدداً مورد بازبینی و نمونه‌برداری تکمیلی قرار گیرد .

جدول ۶-۱ مختصات و موقعیت دو محدوده شناسایی شده اسکارن

نقشه ۲۵۰۰۰۰	نوع کانسار	X_COORD	Y_COORD
شاهین دژ	اسکارن آهن	661418	3991643
شاهین دژ	اسکارن آهن	635770	4014100

فصل هفتم

گزارش صحرائی

پس از انجام مدلسازی مناطق دارای ناهنجاری بر روی نقشه های توپوگرافی ترسیم و طی دو مرحله عملیات صحرائی بازدید شدند که مشاهدات صحرائی و نتایج آن به شرح ذیل است. در ضمن در نامگذاری آنومالی ها از حرف اول هر برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ استفاده گردید.

CHP 12

(677949E, 3987410N, Z 38)

سکانس ضخیم (حدوداً ۱۰۰ متر) از آهک دولومیتی به رنگ خاکستری روشن که لایه نازک و به ضخامت ۰/۵ متر از اکسید آهن به حالت یک پوشش هماتیته بر روی آن قرار گرفته است. لایه پوششی اکسید آهن عمدتاً از جنس پیریت اکسیده دانه ای است که تجمع آنها سیمای لایه ای رسوبی از خود نشان می دهد.



تصویر ۷-۱ نمایی از رسوبات آهکی-دولومیتی با میان لایه های هماتیته

CHP 8

(665747E, 3993460N, ; Z38)

عمده رخنمون منطقه عبارتست از ماسه سنگ دگرگونی و سکانس ضخیم آهک فیلیتی خاکستری تیره رنگ که عموماً به دولومیت های متبلور تبدیل شده اند . هیچ اثری از کانی سازی یا آلتراسیون دیده نمی شود.



تصویر ۷-۲ نمایی از سکانس آهکی

CHP 7-1

(661418E, 3991643N; Z38)

چند زون کوچک کانی سازی اسکارن به ابعاد (۳۰-۲۰×۱۰-۵) متر عمده‌تاً شامل مگنتیت و اپیدوت جمعاً مساحتی حدود ۱۵۰×۱۵۰ متر را به صورت پراکنده پوشش داده اند. سنگ میزبان کانی سازی عمده‌تاً آهک دولومیتی و فیلیت است که به وسیله یک گرانیت میلونیتی قطع گردیده اند. نمونه ۷-۱ CHP از محل یکی از لنزهای مذکور گرفته شده است.



تصویر ۳-۷ لنز کانی سازی اسکارن آهن



تصویر ۴-۷ نمایی نزدیک از لنز کانی سازی اسکارن آهن

Sample no	Ba ppm	Copp m	Crpp m	Fe%	La ppm	Li ppm	W ppm
CHP7-1	53	23	141	21.5	35	10	106

CHP 7-2

(661971E, 3991354N, Z 38)

یک کانی سازی کوچک اسکارن (اگزواسکارن) به مساحت ۵۰×۲۰ متر متشکل از اپیدوت + مگنیت ± گارنت به شکل یک لنز در داخل واحد فیلیتی قرار گرفته است. از رخنمون مذکور یک نمونه grab (۷-۲) (CHP) به منظور کنترل عناصر خصوصاً تنگستن برداشت گردیده است.



تصویر ۷-۵ شکل یک لنز در داخل واحد فیلیتی

Sample no	Ba ppm	Copp m	Crpp m	Fe%	La ppm	Li ppm	W ppm
CHP7-2	75	39	433	11.8	35	23	8.1

CHP 2

(637531E, 3990609N, Z 38)

رخمونهای عمده منطقه که عبارت است از شیست های به رنگ سبز روشن و متاولکانیک با آغستگی اکسید آهن به مقدار ۳-۵٪، گرانیت های میلونیتی و گرانیت شیستهای بدون آلتراسیون و کانی سازی به رنگ آبی روشن رخنمونهای عمومی قابل مشاهده در سطح را تشکیل می دهند.

CHP 11

(641873E, 3988193N, Z 38)

شیست های آبی به همراه گرانیت بدون اثری از آلتراسیون و کانی سازی.

CHP 4

(360447E, 4640423N, Z38)

شیست های هوازده و غیر دگرسان به رنگ آبی رخنمون اصلی واحدهای سنگی در منطقه است که قسمتهایی از آن به شدت سیلیسی شده اند، همچنین رگچه های سیلیسی عقیم از کانی سازی این مجموعه را تحت تأثیر قرار داده است.

BAY 05

(649771E, 3972844N, Z 38)

رخنمون عمده منطقه شامل قطعات بزرگ و کوچک آهکهای دولومیتی می باشد که ذاتاً منشأ فیلیت و شیست داشته در حالیکه در داخل آبراهه آغشتگی های آهن و ندرتاً مس (مالاکیت) به همراه سنگهای سیلیسی فاید شده دیده می شود. بطور کلی ۵٪ قطعات سیلیسی فایر شده آغشتگی آهن دارند. یک نمونه به شماره BAY ۰۵ از محل رخنمونهای سیلیسی برداشت شده تا احتمالاً کانی سازی طلا (تیپ شیرزون) را کنترل نمائیم. همچنین در این محدوده یک لنز مگنتیتی نازک به ابعاد ۱×۱۰ متر با سنگ میزبان آهکهای دولومیتی دیده شد که احتمالاً اثر شیرزون و ساختارهای بازوبسته شده در مجموعه فیلیتی است (مشابه دولومیت های آهندار واقع در منطقه کرویان سقر)



تصویر ۶-۷ مگنتیتی نازک به ابعاد ۱×۱۰ متر با سنگ میزبان آهکهای دولومیتی

BAY 02-1

(648997E, 3975013N, Z 38)

یک زون ۵۰×۱۰۰ متر به حالت لنزی شکل با روند خاوری - باختری به صورت کنترل کننده ساختاری - دگرگونی متشکل از اپیدوت ± مگنتیت سیلیسی شده + کلریت که همراهی رگچه های اپیدوتی را نیز دارا می باشد، مشاهده شد. این رخنمون لنزی به وسیله خاک و سنگهای فیلیتی احاطه شده است و یک نمونه ۱- ۲ Bay از محل این لنز برداشت گردید تا عیار احتمالی کانی سازی آهن و عناصر همراه را بازگونماید.



تصویر ۷-۷ نمایی از رگه سیلیسی

BAY 02-2

(649338E, 3975190N, Z 38)

یک زون متامورفیکی - سیلیسی از کانی های گارنت - مگنتیت و کوارتزبه طول متوسط ۶۰۰-۷۰۰ متر و عرض فیلتر مابین ۱۰۰-۲۰۰ متر با آغستگی های آزیستی - کریزوتیل در شکستگی ها و همچنین بلورهای سبز رنگ متبلور کوارتز در این منطقه یافت گردید. در محدوده فوق الذکر یک منطقه به مساحت ۵۰×۵۰ متر شدیداً مگنتیتی است (بطور متوسط ۲۰-۳۰٪) رگچه های سولفیدی به ضخامت متوسط ۱ سانتی متر در بعضی قسمتها خصوصاً در گارنت های ریز دانه دیده می شود. دو نمونه به نامهای Bay ۲-۱ و Bay ۲-۲ از دو موقعیت به فاصله ۲۰۰ متر از همدیگر از این محدوده برداشت گردیده است. محدوده فوق الذکر ۲-۳ کیلومتر قبل از راه دسترسی به روستای آب باره است.



تصویر ۷-۹ کانی سازی سولفیدی



تصویر ۷-۸ وجود رگه سیلیسی و آزیست در درز شکاف ها

BAY 03

(648593E, 3979971N; Z38)

رخنمون هایی از فیلیت و شیست بدون نشانه ای از آلتراسیون و کانی سازی

BAY 01

(65125E, 3976167N, Z 38)

رخنمون هایی از فیلیت و شیست بدون نشانه ای از آلتراسیون و کانی سازی

Qor 01

(764042E, 3878680N, Z 38)

رخنمون عمده منطقه عبارت است از فیلیت و شیست بدون نشانه ای از کانی سازی یا آلتراسیون، علاوه بر این گرانیت و گرانودیوریت با بافت دانه ای که حاوی مگنتیت پراکنده می باشد و رگچه های اپیدوت و کلریت که داخل بازالت های آندزیتی نفوذ کرده اند نیز در این منطقه دیده شده است.

Son 01

(764544E, 3875121N; Z38)

نفوذگرانیت با بافت دانه ای به رنگ سبز خاکستری روشن در داخل ولکانیک های دانه ریز به رنگ سبز تیره و بازالت های آندزیتی که همراهی رگچه های آمفیبولیتی و پیروکسنی / اپیدوتی با تراکم کمتر از ۲٪ سیمای عمومی این محدوده است. علیرغم وجود توده نفوذی تزریق شده در این منطقه هیچ اثری از کانی سازی اسکارن دیده نشد.

Kark 02

(691401E, 3854755N, Z 38)

رخنمون منطقه عبارت است از اسلیت های بسیار ریزدانه به رنگ سبزخاکستری تیره و ندرتاً فیلیتهایی که به دولومیت تبدیل شده و حاوی پیریت اکسیدهای افشان می باشند.

Kark 01

(686196E, 3857779N, Z 38)

رخنمون عمومی منطقه عبارت از گابرو و سرپانتین به رنگ آبی تیره که به طور متوسط تا زیاد سیلیسی فایده شده و حاوی مقادیری کانی سازی آهن نیز می باشد. گرچه مقدار آهن زیادی نمی تواند از این رخنمون سیلیسی انتظار داشت ولی به منظور کنترل تنگستن و قلع یک نمونه با نام kark01 از این محدوده برداشت گردیده است.

CHP 05(Qaplantu altn)

(657084 E; 4011085 N; z3)

این منطقه بوسیله تصاویر استر در ۲ کیلومتری جنوب خاوری روستای قاپلانتو انتخاب شده است. این آنومالی تصویری شامل متاولکانیک هایی است که کاملاً متبلور و شدیداً سیلیسی فایده شده اند. با توجه به

بافت پورفیریتیک و فنوکریست های کوارتزی احتمالاً بتوان نام ریولیت را نیز به آنها اطلاق کرد. هیچ نشانه ای از کانی سازی در این منطقه دیده نشده است

CHP 14

(646788E; 4035738N; z38)

رخنمون عمده منطقه عبارت از سنگ سیلیسیفاید شده شدید به رنگ خاکستری تیره که حاوی دانه های فلدسپات و کوارتزهای فنوکریست بسیار ریز دانه وهمچنین اکسید آهن افشان می باشد. این رخنمون در نقشه یکصد هزارم به نام ریوداسیت های پرکامبرین معرفی شده است. یک زون شکستگی با راستای باختری - خاوری حاوی رگچه های کوارتز- هماتیت نیز در این واحد ریوداسیت پیدا شد. این زون حدوداً ۸۰۰ متر طول و بین ۰/۵ تا ۱۲ متر ضخامت دارد.

Qoj 01 -2 (Shahrak Fe mine)

(726876E; 4030983N; z38)

حدود ۲ کیلومتر جنوب روستای شهرک یک توده در برگیرنده مگنتیت لایه ای حاوی کانی سازی آهن بزرگی است که در چند موقعیت در خط الراس منطقه رخنمون پیدا کرده است. یک توده غیردگرسان با دانه بندی متوسط از جنس دیوریت نیز در زیر کانی سازی قرار گرفته است.

Qoj 01-1 (Shahrak chalcidony occ)

(729647E; 4034548N; z38)

بلوکهایی از آهن که شدیداً سیلیسیفاید شده و حاوی باندهایی از کلسدون درشت بلور و پیریت اکسیده افشان می باشد در کنار جاده معدن شهرک قابل مشاهده است. ظاهراً بلوکهای سیلیسی فایده شده تمامی محوطه معدنکاری را اشغال کرده اند.

Qoj 01 (Shahrak)

(727961E; 4027649N; z38)

در نقشه یکصد هزارم قجور یک زون دگرسان به ابعاد ۵۰۰×۳۰۰ متر مشخص شده است که عبارت از یک واحد ریولیتی سفید رنگ که شدیداً سیلیسی ، غیر کانه دار و خرد شده است.

BAY08

(649747E; 3981449N; Zone 38)

در نقشه یکصد هزارم قجور یک زون دگرسان به ابعاد ۵۰۰×۳۰۰ متر مشخص شده است که عبارت از یک واحد ریولیتی سفید رنگ که شدیداً سیلیسی فایده ، غیر کانه دار و خرد شده است.

حدوداً ۳۳ کیلومتری غرب دیواندره یک منطقه ناهنجاری ژئوشیمیایی با مشخصات Zn:268ppm,pb:61ppm,As:51.9ppm,Cu:64ppm,Au:5/2ppb از نتایج مطالعات ژئوشیمیایی یکصد هزارم بر گه باینجوب انتخاب گردید. نتایج کنترل صحرائی حوضه آنومال به وسعت ۵/۸ کیلومتر مربع

عبارت از رخنمونهای فیلیتی که تا حدی کلریتی شده و آهکهای نازک لایه با تبلور مجدد حاصل دگرگونی متاولکانیک ها و فیلیت ها می باشد، همچنین رگه های متامورفیکی در شیب های کلریتی که سیلیسی نیز شده اند در منطقه قابل مشاهده است. یک رخنمون کوچک لکه ای (patchy) گوسنی از کانی سازی باریت - گالن و مالاکیت - کلسیت که کمی سیلیسی نیز شده اند، درون واحد آهکی یافت شد. همچنین یک منطقه دگرسان به ابعاد ۱۰۰×۲۰ متر در شمال شرق این محدوده به فاصله چند متر دورتر مشاهده گردید.

CHP14 Area 1: (657554E; 4016405N; z38)

دور رخنمون معدنی حدوداً در ۲/۵ کیلومتری شمال خاور روستای کردکند در اطلاعات رقومی سازی گزارش گردید که ۷۰۰ متر پایین دست رخنمون، در امتداد آبراهه ای که به این رخنمون منتهی می گردد نتایج نه چندان آنومال مس به مقدار ۴۱ ppm و سرب به مقدار ۱۹ ppm در منطقه اول (Z۳۸ و N ۴۰۱۶۴۰۵ و E ۶۵۷۵۵۴) رخنمون گزارش شده که مورد بازدید قرار گرفت و بجز منطقه وسیعی از تراورتن مورد قابل توجه دیگری یافت نشد.

Area 2: (656780E; 4017260N; z38)

حدوداً ۱ کیلومتر در شمال باختر رخنمون گزارش شده در نقشه یکصد هزارم یک زون آهکی سیلیسی شده به ابعاد (۸-۱×۲۰۰ m) یافت شد. سیلیکا برش کلسدونی به رنگ خاکستری با سولفیدهای اکسید شده در امتداد خاوری - باختری در قسمت جنوبی یک گسل پرشیب رخنمون این منطقه می باشد.

CHP15

(657084 E; 4011085 N; z38)

این آنومالی تصویری (حاصل از بررسی تصاویر لندست) درست در شمال روستای پیچ آغاچی قرار گرفته است. عمده رخنمون این منطقه عبارتست از گرانیتهای هوازده که کانی های کوارتز، بیوتیت، کلریت و رسها به خوبی در آن توسعه یافته اند.

CHP16

(657084 E; 4011085 N; z38)

یک رخنمون (۱۰×۱۰ m) از گرانیتهای دگرسان شده به سربسیت و رس که حاوی پیریت اکسید شده است در قسمت جنوب باختری محدوده یافت گردید. محدوده دگرسان نزدیک به یک گسل با روند شمالی - جنوبی است که با یک زون خاکستری رنگ از جنس کلسدون که دارای یک ماتریکس برشی می باشد بخوبی نمایان است.

CHP17

(658000E, 4003800N WGS84 Zone 38)

این آنومالی با استفاده از تصاویر استر انتخاب شده است. محدوده این آنومالی تصویری مساحتی به وسعت 5×2 کیلومتر را با روند NE-SW در ترکیب SWIR 123 مشخص کرده است که در نقشه یکصد هزارم تخت سلیمان ولکانیک های کرتاسه می باشد. گزارش صحرایی این محدوده عبارتست از: وجود ۱-۲٪ پیریت دیسمینه (افشان) که عمدتاً به ژاروسیت اکسید شده اند به همراه شستشوی حاصل از فعالیت سوپرژن سطحی که در حاشیه با یک گرانودیوریت نفوذی احاطه شده اند. ژاروسیت ها به صورت باکس ورکس همگی بعد از پیریت و همچنین به صورت پوشش در شکستگی ها دیده می شوند. توده نفوذی احتمالاً بیشتر تحت تأثیر هوازدگی و شستشو قرار گرفته است تا دگرسانی، بدین علت عمق کانی های آرژیلی نبایستی زیاد باشد. ولکانیک های میزبان و واحدهای متورق عمدتاً کلریته و کمی پیریت دار شده اند. یک نمونه رسوبات آبراهه ای نیز در مطالعات ژئوشیمیایی، این محدوده را پوشش داده است ولی نتایج آن بحد کافی آنومالی ژئوشیمیایی از خود نشان نمی دهد و گرچه تصویر آلتراسیون منطقه را به لحاظ دگرسانی بارز کرده است ولی نتایج ژئوشیمیایی و کنترل صحرایی آنرا تایید نمی کند.

CHP18

(647620E; 3985469N z38)

آنومالی حاصل از رسوبات آبراهه ای $Zn: 153 \text{ ppm}$ و $Pb: 750 \text{ ppm}$ و $Ba: 1100 \text{ ppm}$ و ppm ($Au: 3/4 \text{ ppm}$ $As: 6706$) از مطالعات ژئوشیمیایی منطقه ای به وسعت $1/5$ کیلومتر مربع را در بالادست خود برای کنترل صحرایی معرفی کرده که مورد پیمایش قرار گرفته است: شیب های کلریتی با کوارتزهای دگرگونه رخنمون اصلی این منطقه می باشد. ممکن است آنومالی مذکور حاصل از یک رگه یا آغستگی ضعیف باشد که در این واحدها به صورت خیلی محلی و کوچک محتمل است با اینهمه سنگ دگرسان یا رخنمون قابل توجه در این حوضه دیده نشد.

CHP19

(654429E; 3987615N z38)

آنومالی رسوب آبراهه ای $Zn 225 \text{ ppm}$ و $Ba 462 \text{ ppm}$ و $As 385 \text{ ppm}$ $Au 106 \text{ ppm}$ (در نزدیکی این آنومالی رسوب آبراهه ای، نمونه رسوب آبراهه ای کنترلی برداشت گردیده که نتایج نمونه مجاور قبلی را تأیید نمی کند. رخنمون عمده منطقه عبارتست از کوارتز- کلریت - شیبست با رگه های نازک آپلیتی که در طول آبراهه رخنمون پیدا کرده اند.

DIV01

(724500E 3969200N WGS 84 Zone 38)

آنومالی تصویری حاصل از تصاویر استردر ترکیب باندی SWIR123 محدوده ای را در ۱۱ کیلومتری غرب - جنوب غرب شهرستان بیجار مشخص نموده است، گرچه منطقه درولکانیک های ترشیری طبق نقشه ۲۵۰ هزارم با کنترل صحرایی موقعیت این آنومالی برای مارنهای و آهک های غیر دگرسان است که هیچ نشانه ای از دگرسانی، کانی سازی ندارند.

DIV02

(719200E, 3934350N Z38, 38km NW of Dehgan)

این منطقه بوسیله آنومالی های تصویری استر ولندست تواماً مشخص شده است که در شمال غرب شهر دهگلان می باشد. پلاژیوکلاز + بیوتیت جهت دار + پیروکلاستها + لاوهای بازالتی عمده رخنمون این منطقه می باشد، چند رخنمون کوچک (patches) از پیروکلاستهای کائولینیتی حاصل از هوازدگی در منطقه دیده می شود که می تواند علامت آنومالی تصویری باشد. هیچ رخنمون دگرسان هیدروترمالی در این منطقه قابل مشاهده نیست.

KAM05

این منطقه به وسیله ۵ نمونه رسوب آبراهه ای آنومالی می تواند معرفی کننده یک تارگت اپی ترمال طلا باشد بطوریکه بعد از پلات کردن نمونه ها و رویت مقادیر طلا و مس این تارگت از الویت بالایی نیز برخوردار گردید ولی متاسفانه با کنترل صحرایی رخنمونهای بالا دست نمونه ها محدوده مورد نظر نتوانست مورد توجه قرار گیرد.

Area 1 (672728E 3868144N z38): نمونه از محل تقاطع دو آبراهه بسیار آنومال برداشت شده که سنگهای بالا دست آن آهک، سنگ های نابرجا از نوع دیوریت بوده است.

Area 2 (671116E 3868059N z38): پلاژیوکلازهای پورفیری غیردگرسان، آهک و سیلتستون سنگ های نابرجا اصلی این آبراهه اند.

Area 3 (670937E 3869860N z38): در نزدیکی نمونه ای که ۶۸ ppm مس جواب داده است رخنمونهای غیردگرسان فیلیت، دیوریت و سیلتستون قرار گرفته است.

Area 4 (668371E 3873320N z38): این نمونه $Au: 7.7 \text{ ppb}$ ، $Cu: 50 \text{ ppm}$ نشان داده در حالیکه آبراهه عمدتاً از دیوریت های غیردگرسان و رسوبات غیر کلسیتی تشکیل شده است.

Area 5 (676419E 3874467N z38): این نمونه 50 ppb طلا نشان داده است در حالیکه بالادست خود پوشیده از مادستونهای غیردگرسان و سیلتستون می باشد. لازم بذکر است محل دفن زباله های روستا نیز در نزدیکی این موقعیت قرار گرفته است.

QOJ06

(739697E; 4017001N z38).

زمین کشاورزی عمده حوضه آنومال این محدوده را پوشانده است، تنها یک رخنمون تقریبی از یک کنگلومرای کواترنری (Cobble size polymictic) در دره برونزد پیدا کرده است و نیز فقط یک قطعه کاملاً گرد شده سیلیسی - مگنتیتی در آبراهه دیده می شود .

QOJ07

(749369E; 4018660N; z38)

این محدوده در نقشه یکصد هزارم قجور به وسعت (1/4×1) کیلومتر به عنوان منطقه دگرسان در شرق یا سوکند گزارش شده است که عمدتاً پوشیده از زمینهای کشاورزی است که کنگلومرا و آهک های نازک لایه تنها رخنمون سنگی است که در دره ها برونزد پیدا کرده اند. احتمالاً خاکهای سفید رنگ که روی رخنمونهای سنگی قرار گرفته اند به عنوان زون دگرسان گزارش شده اند.

QOJ08

(763945E; 4021770N z38) .

مختصات این نمونه آبراهه ای آنومال ما را به محل رودخانه ای اصلی هدایت کرد. رخنمونهای مجاور در بستر این آبراهه که در اصل محل اتصال آبراهه های فرعی به این آبراهه اصلی بود مورد پیمایش قرار گرفت که واحدهای آن شامل رسوبات مارنی - ژپسی، آهکهای غیردگرسان، ماسه سنگ و سنگ ریزه هایی از این واحدها قابل مشاهده بوده است.

QOJ09

(762143E; 4019319N; z38) .

در نقشه یکصد هزارم قجور این تارگت به عنوان رخنمون سیلیس گزارش شده است که در ۸۰۰ متری جنوب غربی روستای نیمه کاره واقع شده است. یک زون کوچک به ابعاد (۷۰×۷m) از سیلیس خاکستری در طول کنتاکت گسله مابین یک آهک نازک لایه و یک رخنمون متا آندزیتی جایگزین شده است.

QOJ10

(759246E; 4005967N z38)

رخنمون عمده حوضه آنومال، رسوبات کلاستیکی غیر سخت شده می باشد . تمام حوضه آنومال مورد پیمایش قرار گرفته که هیچ نشانه ای از کانی سازی یا دگرسانی که بتواند این آنومالی مهم را ایجاد نماید پیدا نشد.

QOR05

730786E, 3927968N Z38

این آنومالی تصویری با مرکزیت ولکانیکی مابین تارگت تپه جعفر و تارگت بریاخان قرار گرفته است که عمدتاً کنتاکتی بین دایک های نفوذی و پیروکلاستها می باشد و هیچ دگرسانی دیده نشد.

SAN05

726347E, 3923668N Z38

این منطقه پوشیده از رسوبات آبرفتی و نزدیک به رسوبات انتخاب شده و رخنمون سنگی مشاهده نمی شود.

SAN06

(720400E, 3921800N Z38, 27km NW of Dehgolan)

این هدف اکتشافی در ۲۷ کیلومتری شمال باختری دهگلان قرار دارد و دارای دگرسانی واضحی در تصاویر استر می باشد. این تصاویر بصورت شسته شده و دارای یک مغزه رسی می باشد که توسط یک بخشی با دگرسانی سیلیسی در حاشیه احاطه شده است. ولی در بازدید صحرایی مشخص شد که رس حاصل از دریاچه های رسی می باشد و کار بیشتری پیشنهاد نمی شود.

SAQ07

(610811E; 4012594N; Zone 38)

این آنومالی در ۳ کیلومتری باختر، شمال باختری سقز قرار دارد. لیتولوژی منطقه شامل دولومیت چرتی کامبرین، سنگ آهک متبلور و ماسه سنگ پرمین، سنگ آهک مرمری، دولومیت، توف آندزیتی و گدازه برشی کرتاسه می باشد. در بخش بالایی آبراهه (حدود ۷۰۰ متر بالاتر) اندیس مس بر روی نقشه زمین شناسی وجود دارد ولی فقط سنگ آهک غیر آتره با رگچه های کلسیتی و مقدار کمی ملاکیت یافت شده ولی در نهایت کانی سازی و دگرسانی قابل توجهی یافت نگردید.

SAQ08

(604074E; 4011832N; Zone 38)

این منطقه در ۱۰ کیلومتری شمال باختری شهر سقز واقع می باشد. در نمونه های ژئوشیمیایی این منطقه آنومالی طلا مشاهده می شود که احتمالاً حاصل از کانسار کرویان باشد. شیست سبز، فیلیت، متاتوفهای سیلیس دار با بین لایه های سنگ آهک مرمری و دولومیت در جنوب و بخش مرکزی تارگت مشاهده می شوند. به سمت شمال نقطه پیروکلاستیک های آندزیتی مشاهده می شوند. رگه های کوارتز شیری در ابعاد متفاوت گاه به اندازه حدود ۱۵×۱/۵m با مقدار سولفیدهای اکسید شده یافت شد.

TAK01

(714400E, 4025450N WGS 84 Zone 38N)

این منطقه دارای آنومالی واضح و مشخصی در تصاویر ماهواره ای می باشد که این آنومالی حاصل از یک توده گرانیت همسان دانه و دانه درشت به ابعاد ۲×۱m می باشد. بخش عمده محدوده گرانیتی بدون دگرسانی می باشد. دانه های کوارتزی در ابعاد حدود ۵ میلی متر در متن سنگ پراکنده است و گاه تا ۵۰٪ توده نفوذی را شامل می شود. ساختارهای سیلیسی و آرژیلی در بخش های استوک نفوذی را بریده اند و باعث دگرگونی سیلیسی در تصاویر می باشند. فرایندهای سوپرژن باعث شده اند فلدسپات ها به رس تبدیل شود و ظاهر شسته شده (Bleached) در تصاویر ماهواره ای مربوط به همین مسئله می باشد.

TAK02

(697121E; 4009890N z38)

در این منطقه آنومالی مهمی در نتایج ژئوشیمیایی مشاهده می گردد ولی بخش عمده منطقه توسط پوشش خاک پوشیده شده و کانی سازی خاص یافت نشد.

TAK03

(687124E; 4011990N z38) GSI stream sediment anomaly (700ppb Au, 288ppm Ba

81ppm Zn)

در این منطقه نیز آنومالی مهمی در نمونه های ژئوشیمیایی مشاهده می گردد ولی پس از کنترل صحرایی ضخامت قابل توجهی از خاک در منطقه مشاهده می گردد و رخنمون خاصی در منطقه وجود ندارد. قطعات گرد شده سنگ آهک دگرسان نشده در رسوبات رودخانه ای مشاهده می شود.

TAK04

(685682E; 4010460N z38) GSI stream sediment anomaly (450ppb Au, 278ppm Ba, 73ppm Zn)

در این نقطه نیز آنومالی بزرگی از (۴۵۰ ppb) در رسوبات ژئوشیمیایی حاصل از رسوب های رودخانه ای وجود دارد ولی پس از کنترل منطقه مشخص شد. نمونه از آبراهه کوچکی برداشت شده و منطقه بالای آن توسط خاک ضخیمی پوشیده شده است. قطعات دگرسان سنگ آهک، شیست، و کوارتزهای شیری مشاهده می شود که احتمالاً حاصل از یک سنگ بستر کنگلومرایمی می باشد.

TAK05

(682340E; 4007847N z38) GSI stream sediment anomaly (32ppb Au, 213ppm As

, 105ppm Cu, 317ppm Sb)

در این منطقه یک رخنمون از متاولکانیک های دارای سیلیس با مقدار کمی اپیدوت بصورت رگه هایی با امتداد NE و شیب 70° به سمت شمال باختری در گسل تشکیل شده اند. ضخامت قابل توجهی از خاک در بخش زیادی از منطقه مشاهده می شود و قطعات گرد شده سنگ آهک دگرسان نشده در رسوبات رودخانه ای یافت می شود.

CHP06

(662438E, 4027463N, Z38)

این آنومالی حاصل از گابرو- دیوریت با مغناطیس بالامی باشد که دارای اپیدوت و تورمالین می باشد. تعداد معدودی رگچه های سیلیس نا بارور در این منطقه مشاهده گردید. رنگ سنگ سبز تا خاکستری تیره می

باشد یک نمونه با شماره CHP-06 از گابرو - دیوریت های با مگنتیت بالا برداشت گردید. در شکل شماره ۱۰-۷ رگچه های سیلیس نابارور مشاهده می شود.



شکل شماره: ۱۰-۷ بافت استوک ورکی رگچه های سیلیس (نقطه CHP06)

CHP13

(653276E, 4019771N,Z38)

در این منطقه لیتولوژی متشکل از ولکانیک های آندزیتی دگرسان نشده می باشد. تعدادی رگه های سیلیسی مشاهده می شود که نمونه شماره CHP13 از رگه های سیلیس برداشت گردید.



شکل شماره ۷-۱۱ رگه های سیلیس درون مجموعه ولکانیک های آندزیتی غیر دگرسان

CHP01

(640955E, 4015824N,Z38)

این آنومالی که به نام اندیس آهن صاحب شناخته می شود در نزدیکی روستای صاحب قرار دارد. این کانی سازی که از نوع اسکارن می باشد در کنتاکت توده نفوذی و سنگ آهکها تشکیل شده است. سنگ و کانیهای مس به وضوح در این منطقه مشاهده می شود. تعدادی ترانشه نیز در این منطقه مشاهده می شود. در این بخش اجتماع کانیهای اسکارن (شامل اپیدوت و گارنت) به وضوح دیده می شود. یک نمونه به شماره CHP01 از کانی سازی آهن به منظور بررسی مقدار آهن وسایر عناصر کانساری برداشت گردید.



شکل شماره ۷-۱۲ اسکارن صاحب همراه با ترانشه ها (دید به سمت جنوب خاوری)



شکل شماره ۷-۱۳ کانی سازی اسکارنی در منطقه صاحب

CHP10

(635504E, 4013634N,Z38)

در این منطقه نیز احتمالاً عامل کنتاکت توده وسنگ آهک درانتخاب هدف اکتشافی بسیار مهم بوده است. در این منطقه کانی سازی کم عیاری از آهن در سنگ آهک مشاهده می شود که نمونه شماره CHP10 از آن برداشت گردیده است. این رگه آهن دارای ضخامتی حدود ۱ تا ۲ متری باشد. دربخش جنوبی نیز رگه های آهن همراه با سنگهای دگرگونی مشاهده می شود که کم عیار می باشند.

SAQ5

(624970E, 4005028N,Z38)

این آنومالی، آنومالی کاذب می باشد زیرا اگرچه سنگ های منطقه متشکل از رسوبات دگرگونه از نوع شیست واسلیت می باشد ولی نقطه آنومالی نزدیک روستای درگاه سلیمان می باشد.

SAQ1

(623153E, 3995706N,Z38)

دراین منطقه رسوبات غیردگرسان وبدون کانی سازی حضور دارند. بطور محلی رگچه های سیلیسی به ضخامت چندسانتی متر درون مجموعه دگرگونی اسلیت و شیست مشاهده می شوند. علاوه براین توده نفوذی نزدیک منطقه وجود دارد که روستای بهرام نیز بر روی آن بنا شده است ولی در کنتاکت کانی سازی مشاهده نگردید.

SAQ3

(616492E, 3989904N,Z38)

دراین منطقه نیز احتمالاً کنتاکت توده نفوذی وسنگ آهک نقش مهمی در انتخاب هدف اکتشافی داشته است. در برخی نقاط قطعات نابرجایی از سنگ آهن دیده می شود ولی توده اسکارنی بزرگی وجود ندارد، در یک منطقه درکنار جاده (همانطور که در شکل دیده می شود رخنمون های کوچکی از سنگ آهن دیده می شود .



شکل شماره ۷-۱۴ کانی سازی کوچک اسکارنی درون مجموعه سنگهای آهکی در کنار جاده

SAQ2

(620520E, 3990112N,Z38)

در این منطقه گرانیت آرنی شده در کنتاکت با سنگ آهک رخنمون دارد. تعداد کمی قطعات سنگ آهک پوشیده شده با خاک در منطقه وجود دارد که پس از بررسی رخنمون قابل توجهی از کانی سازی یافت نشد.



شکل شماره ۷-۱۵ گرانیت آرنی شده در نقطه SAQ 2

SAQ4

(606115E, 3996583N,Z38)

در این منطقه سنگهای دگرگونی از نوع شیست، اسلیت و فیلیت برونزد دارد که درون این مجموعه رگه های سیلیس شیری رنگ که حاصل از شیره های دگرگونی می باشد به وفور یافت می شود. ولی اغلب این سیلیس ها دارای کانی سازی قابل توجهی نمی باشند.

SAQ6

(599681E, 3998265N,Z38)

در این منطقه نیز سنگهای دگرگونی از نوع اسلیت و شیست و گرانیت میلونیتی شده وبدون کانی سازی مشاهده می شود و کانی سازی اسکارنی یافت نشد.

ALU01

(585518E, 4007397N,Z38)

این آنومالی ، آنومالی کاذب می باشد و در منطقه مورد نظر سنگهای دگرگون برونزد دارند.

ALU03

(577472E, 4008632N,Z38)

این آنومالی در منطقه شیخ چوپان قرار دارد. در این منطقه لیتولوژی متشکل از اسلیت ، شیست و فیلیت می باشد. به سمت خاور نقطه گرانیات دگرگونه در کنار روستای شیخ چوپان برونزد دارد. در سمت باختر نقطه یک منطقه سیلیسی به وسعت ۲۰×۲۰ متر مشاهده شد و نمونه شماره ALU03 از آن برداشت گردید. در مسیر عبور از آنومالی شیخ چوپان نیز بازدید شد ولی شواهدی از کانی سازی مشاهده نشد و ماسه سنگ های دگرگونه و مقدار کمی رگچه های کوارتزی خاکستری مشاهده گردید که چندان جالب توجه نمی باشد. بنابراین احتمالاً نقطه مورد نظر دارای مختصات دقیق نمی باشد. در شکل شماره ۷-۱۶نمایی از آنومالی مورد نظر مشاهده می شود .



شکل شماره ۷-۱۶ آنومالی شیخ چوپان

ALU02

(588325E, 4008623N,Z38)

آنومالی در منطقه با لیتولوژی اسلیت، شیست و فیلیت قرار دارد و چندین زمین لغزش در اطراف آن رخ داده است و کانی سازی اسکارنی یافت نشد.

ALU04

(586309E, 3995338N,Z38)

این آنومالی نیز بر روی رسوبات دگرگونه قرار دارد. در این منطقه سنگهای آتشفشانی اسیدی رخنمون دارد که در وسعت بسیار بزرگی قابل مشاهده می باشند. نمونه شماره ALU04 از این منطقه برداشت گردید.

SAN3

(710376E, 3896954N,Z38)

در این منطقه رخنمون سنگهای آندزی بازالتی یافت شد که دارای مقدار مغناطیس بالا می باشند و احتمالاً در مطالعات ژئوفیزیک دارای آنومالی می باشند ولی کانی سازی یافت نگردید .



شکل شماره ۷-۱۷ نمایی از سنگ‌های آندزی‌بازالتی

SAN2

(708538E, 3891060N,Z38)

این منطقه متشکل از مجموعه رسوبی - آتشفشانی می باشد که توسط یک توده نفوذی اسیدی با ترکیبی احتمالی از نوع گرانیت مورد نفوذ واقع شده است. دگرگونی های سیلیسی و آرژیلی در این منطقه صورت گرفته است. نمونه شماره SAN2A از بخش سیلیسی شده برداشت شد که در کنتاکت توده نفوذی با سنگهای رسوبی قرار دارد. همچنین نمونه شماره SA2B نیز از منطقه سیلیسی شده و آرژیلی برداشت شد. نمونه SAN2C نیز از یک بخش دولومیتی غنی از آهن و برش شده برداشت شد. این منطقه نیاز به کار اکتشافی بیشتری دارد. دارای ویژگی های سیستم های اپی ترمال می باشد.

SAN4

(713555E, 3880203N,Z38)

در این منطقه لیتولوژی عمده آندزی بازالت می باشد که در مجاورت سنگهای آهکی قرار دارد.

SAN1

(706720E, 3885997N,Z38)

در این آنومالی، آندزیت و تراکیت غیر آلتره رخنمون دارد. به سمت جنوب یک مجموعه بزرگ ولکانیک های اسیدی مشاهده می شود که دارای حدود ۳ تا ۴٪ پیریت می باشد و دو نمونه از آن برداشت گردید

TIZ4

(677301E, 3895238N,Z38)

در این آنومالی لیتولوژی عمده شامل سنگ آهک و اسلیت می باشد که غیردگرسان می باشد و کانی سازی نیز ندارد.

QOR1

(763620E, 3877679N,Z38)

این منطقه کنتاکت توده نفوذی اسیدی تا متوسط با ولکانیک ها می باشد. توده نفوذی توده ای تفریق یافته می باشد که دارای ترکیبی از دیوریت تا گرانودیوریت و گرانیت می باشد. مقدار رگچه های مگنتیت و همینطور مگنتیت بصورت پراکنده در متن سنگ وزمینه مشاهده می شود ولی کانی سازی مهمی یافت نشد.

SON1

(764342E, 3875570N,Z38)

این هدف اکتشافی به دلیل شباهت آن با QOJR1 انتخاب شد و مرز واحدهای نفوذی و ولکانیک ها بررسی شد ولی کانی سازی یافت نگردید.

Gelali Fe-Skarn

معدن آهن گلالی در یک کیلومتری شمال خاوری آنومالی SON1 قرار دارد. این معدن فعال دارای یک سینه کار نسبتاً بزرگ فعال به ابعاد 300×500 m می باشد و کانی سازی اسکارنی در کنتاکت توده گرانودیوریت و ولکانیکها رخ داده است. اجتماع کانیائی اسکارنی شامل مجموعه اپیدوت، اکتینولیت و گارنت مشاهده شد. بطور محلی سنگ آهن اکسیدی دارای مقدار نسبتاً بالایی از سولفیدها (۲ تا ۵ درصد) مشاهده می شود که می تواند در فرایند کانه آرائی مضر باشد.

پیوست

منابع

- بنی آدم، ف- ۱۳۷۹- بررسی مناطق امیدبخش اکتشافی در ورقه یکصد هزارم چاپان- انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- زاهدی، م - ۱۳۶۹ - شرح نقشه زمین شناسی چهارگوش سنندج با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰- انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ژان برود - ۱۳۶۹- شرح نقشه زمین شناسی چهارگوش باختران با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰- انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- سهیلی، م و برنا، ب- ۱۳۷۶- گزارش مطالعات زمین شناسی و معدنی حسن سالاران- رنگریزان در منطقه سقز - انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- علوی نایینی، م- مشکانی، ا و اصفهانی پور، ر- مهر ۱۳۷۸- اکتشافات ژئوشیمیایی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ چاپان- انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- علوی، م- ۱۳۶۱- شرح نقشه زمین شناسی چهارگوش تکاب- صابین قلعه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰- انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- کریم پور، م، ح- ۱۳۸۴ - زمین شناسی اقتصادی کاربردی- انتشارات ارسلان (مشهد).
- مدیریت ژئومتیکس سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور- ۱۳۸۳- گزارش بررسی های اکتشافات سیستماتیک ناحیه ای و شناسایی نواحی امیدبخش معدنی در زون مهاباد- مریوان- انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- مدیریت ژئومتیکس سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور- ۱۳۸۴- گزارش بررسی های اکتشافات سیستماتیک ناحیه ای و شناسایی نواحی امیدبخش معدنی در زون سنندج- ملایر- انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- سایت اینترنتی وزارت راه

1. Bray, E, A., 1995, Preliminary compilation of descriptive geoenvironmental mineral deposit models U.S Geological Survey
2. Bonham-Carter, Gf, 1994, Geographic information system for ge

3. Osientists: Modeling with GIS, Pergamon, Oxford, 398p.
4. Einaudi, M.T., and Burt, D.M., 1982, Introduction - terminology, classification, and composition of skarn deposits: *Econ. Geol.*, v. 77, p. 745-754 (entire volume devoted to skarns).
5. Gerald, E. R., *W skarns*, British Columbia Geological Survey
6. Meinert, L.D., 1992, *Skarns and skarn deposits*: Geoscience Canada