

جمهوری اسلامی ایران
وزارت معادن و فلزات
سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
گروه اطلاعات زمین مرجع

طرح اکتشاف مواد معدنی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای
و ژئوفیزیک هوایی

گزارش و نقشه‌های مقدماتی پتانسیل مواد معدنی در گستره ورقه سقز با مقیاس
۱:۱۰۰،۰۰۰ با بهره‌گیری از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS

مجری طرح: محمد تقی کره‌ای
مجری فنی: ایرج نوائی

تهیه کنندگان:

بهرام دانشفر پانته آگیاچی نسرین زعیم فرحزادی

اسفند ۱۳۷۷

به نام خدا

فهرست مطالب

صفحه	عنوان پیشگفتار
	بخش اول :
	۱- کلیات
۱	۱-۱- مفهوم سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربردهای آن
۱	۱-۱-۱- مقدمه
۱	۱-۱-۲- تعریف GIS
۴	۱-۱-۳- هدف استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی
۹	۱-۲- موقعیت جغرافیایی
۹	۱-۳- راههای ارتباطی
۱۲	۱-۴- آب و هوا
۱۲	۱-۵- مرفولوژی
۱۶	۱-۶- نگاهی کلی به ویژگیهای زمین شناسی ناحیه مورد مطالعه
۱۶	۱-۶-۱- زمین شناسی
۱۸	۱-۶-۲- چینه شناسی
۲۰	۱-۶-۳- تکتونیک

بخش دوم :

۲۱	۲- مراحل انجام کار در سیستم اطلاعات جغرافیایی
۲۲	۲-۱- گردآوری اطلاعات موجود
۲۴	۲-۱-۱- توپوگرافی
۲۸	۲-۱-۲- زمین شناسی
۳۱	۲-۱-۳- اکتشافات چکشی
۳۲	۲-۱-۴- ژئوفیزیک
۳۹	۲-۱-۵- ژئوشیمی
۵۴	۲-۱-۶- دورسنجی
۵۶	۲-۲- پردازش داده ها و تهیه نقشه‌های نشانگر
۵۶	۲-۲-۱- نقشه‌های نشانگر زمین شناسی
۶۱	۲-۲-۲- نقشه‌های نشانگر ژئوفیزیک
۶۴	۲-۲-۳- نقشه‌های نشانگر ژئوشیمی
۶۷	۲-۲-۴- نقشه‌های نشانگر دورسنجی
۶۹	۲-۲-۵- نقشه‌های نشانگر تکتونیکی
۷۲	۲-۲- ترکیب و تلفیق نقشه‌های نشانگر بر مبنای مدل انتخابی و تهیه نقشه پتانسیل معدنی با الویت بندی
۷۸	۲-۳-۱- روش وزن نشانگر (Weights of Evidence)
۱۰۱	۲-۳-۲- روش رگرسیون لجستیکی (Logistic Regression)

۱۰۴	۲-۳-۲- روش تقاطع شاخصی (Index overlay)
۱۰۷	۲- نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۱۱	منابع مورد استفاده

پیشگفتار

در ابتدا خداوند را سپاس می‌داریم که در سایه توفیقات خود ما را موفق به انجام این مهم گردانید و امیدواریم که در این راه خدمتی ناقابل در سازندگی فردای کشور اسلامیمان انجام گرفته باشد.

یکی از عملکردهای سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) رتبه‌بندی مناطق مورد بررسی برای موارد مختلف از جمله تهیه نقشه‌های پتانسیل مواد معدنی در ناحیه مورد مطالعه است. به منظور دستیابی به چنین هدفی از اطلاعات مختلف، دورسنجی، ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی، اکتشافات چکشی، زمین‌شناسی و توپوگرافی می‌توان بهره گرفت. با تلفیق اطلاعات در اکثر موارد می‌توان نتایج مفیدتری نسبت به بررسی تک تک لایه‌ها به دست آورد. بدین علت اقدام به تلفیق اطلاعات اکتشافی موجود تا زمان انجام این بررسی شده است که نتیجه آن نقشه‌های پتانسیل معدنی است.

در اینجا شایسته می‌دانیم که از کلیه همکاران محترم در بخشهای مختلف زمین‌شناسی، دورسنجی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک و اطلاعات زمین مرجع سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، که با راهنمایی‌ها، اطلاعات و گزارش‌هایشان ما را رهین منت کرده‌اند، سپاسگزاری و تشکر کنیم.

نسرین زعیم فرحزادی

پانته آ گیاهچی

دکتر بهرام دانشفر

بهار ۱۳۷۸

فصل اول:

مفهوم سیستم های اطلاعات جغرافیایی و کاربردهای آن

۱-۱- مفهوم سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و کاربردهای آن

۱-۱-۱- مقدمه :

با پیشرفت و توسعه سیستم‌های کامپیوتری طی چند دهه اخیر، امکاناتی برای متخصصان فراهم آمده تا از دوباره کاریها و عدم قابلیت در تبادل اطلاعات جلوگیری شود. همچنین با نخیره سازی، تغییر، تلفیق و یا هر نوع فرآیند دیگری می‌توان از خروجیهای حاصله در امر تجزیه و تحلیل، برنامه ریزی، مدیریت و اتخاذ تصمیم استفاده کرد. از این رو از اهداف اساسی استفاده از این سیستم ها می‌توان به تعیین نقشه‌های پایه و نشانگر عوارض و طبقه بندی آنها و به روز کردن اطلاعات در نقشه‌های پایه اشاره کرد. همچنین برقراری ارتباط و انتقال اطلاعات و جلوگیری از دوباره کاریها و بر طرف کردن نیازهای وزارتخانه ها و سازمانهای مختلف و به طور کلی ایجاد یک هسته مرکزی و یک زبان مشترک برای دسترسی سریع و آسان به اطلاعات از دیگر اهداف استفاده از سیستم‌های مذکور است.

۱-۱-۲- تعریف GIS

یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) سیستم و مجموعه ای است که در آن به کمک کامپیوتر می‌توان ایجاد و نگهداری بانک اطلاعاتی داده ها، تجزیه و تحلیل و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی مختلف مربوط به ناحیه‌ای معین از زمین را انجام داد. کلمه GIS خلاصه شده عبارت Geographic Information System (s) است. لغت جغرافیا یا Geographic الزاماً به معنی اطلاعات مربوط به جغرافیای ناحیه نیست. این کلمه که سازنده بخش "G" در GIS است در واقع به معنای مکانی (۱) و مربوط به مکان است. بخش I از کلمه اطلاعات (Information) مربوط به



لایه‌های اطلاعاتی ناحیه مورد بررسی است که تمامی ویژگی‌های زمین‌شناسی آن را شامل می‌شود. کلمه سیستم (System) سازنده بخش S، به مفهوم رابطه بین مجموعه اجزاء سازنده یک GIS است که امکان نگهداری، تجزیه، تحلیل، ترکیب و ۰۰۰ لایه‌های اطلاعاتی را فراهم می‌کند.

بنابراین یک سیستم اطلاعات جغرافیایی را می‌توان فنی دانست که به کمک آن می‌توان بسیار مؤثرتر و کاراتر داده‌ها و اطلاعات مکانی را برای اهداف مختلف به کار گرفت. همانگونه که هر فنی نیازمند ابزار یا ابزارهای خاص خود است، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی نیز نیازمند نرم افزارهای مخصوص هستند. در حال حاضر چندین نوع نرم افزار سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در بازار جهانی موجود است. همگی آنها تحت عنوان سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی هستند ولی برخی از آنها از جوانب فنی و نحوه و قابلیت عملکرد تفاوت‌های چشمگیری با هم دارند.

ایده و آغاز استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی خیلی جدید نیست و به اواخر دهه ۱۹۵۰ و اوایل ۱۹۶۰ میلادی بر می‌گردد. پیشرفت و گسترش شگرف این فن و کاربردهای آن در طی دو دهه اخیر و خصوصاً در طی دهه ۱۹۹۰ میلادی بوده است. علل متفاوتی برای این پیشرفت وجود دارد که مهمترین آنها عبارتند از:

– افزایش روز افزون حجم و انواع اطلاعات مکانی در زمینه‌های گوناگون که روزانه مورد استفاده انسان قرار می‌گیرد.

– روند جهانی رقمی (۱) کردن داده‌ها و اطلاعات مکتوب بر کاغذ (جدول، اندازه گیری‌ها و نقشه‌ها ۰۰۰) و تهیه نسخه‌ای رقمی از آنها که قابل کار با کامپیوتر باشد.

– امکان اجرای نرم افزارهای سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی بر روی ریز کامپیوتر.

- پائین آمدن قیمت نرم افزارهای سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و ایجاد انواع جدید.
- قدرت و توانایی‌های نرم افزارهای سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در آنالیزهای مکانی، ترکیب و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی که امکان انجام آنها از قدرت فکر انسان در یک زمان محدود خارج است.

- نیاز به دسترسی سریع و آسان به اطلاعات مکانی تجزیه و تحلیل آنها.
از بسیاری جوانب، فراگیری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی مستلزم داشتن تفکر درست از الگوها و مشخصات فضایی اجزاء اطلاعاتی، نحوه ارتباط دادن، تجزیه، تحلیل و ترکیب آنها است.

۳-۱-۱- هدف استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی :

هدف عمده استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در اغلب طرح‌ها کمک به تصمیم‌گیری است.

همانگونه که برای انجام صحیح یک بررسی آماری نمی‌توان و نباید بدون دانش کافی اقدام به استفاده از نرم افزارهای آماری کرد، برای به کارگیری نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی نیز ابتدا نیاز به آموزش و آشنایی لازم و کافی با این فن می‌باشد. بنابراین هرگونه سرمایه‌گذاری در جهت استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی صرفاً به معنای تهیه سخت‌افزار و نرم‌افزارهای مناسب نیست. مهمترین سرمایه‌گذاری در این زمینه که معمولاً کمتر به آن توجه می‌شود، تربیت و آموزش نیروی انسانی لازم برای استفاده صحیح از این فن‌آوری می‌باشد.

از نظر هزینه، در مواردی تهیه داده‌ها ممکن است پرهزینه‌تر از تهیه سخت‌افزار و نرم‌افزارهای مورد نیاز باشد. این مسأله مهمی است که باید قبل از آغاز یک طرح بزرگ که لازم است با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی انجام شود، در نظر گرفت. توجه به این نکته لازم است که بهره‌گیری مفید از قابلیت‌های سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در مؤسسه‌ای، فرآیندی است که مستلزم سرمایه‌گذاری‌های مالی و نیروی انسانی دراز مدت است و افراد دست‌اندرکار نیازمند آموزش‌های اولیه، گسترش دانش فنی خود و به روز درآوردن آن در زمینه این فن‌آوری می‌باشند.

به کارگیری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در زمینه تحقیقات و اکتشافات علوم زمین که از حدود دو دهه پیش آغاز شده، راه‌های مطلوب‌تری را برای دسترسی به نتایج حاصل از همه فعالیت‌های آزمایشگاهی و صحرایی فراهم آورده است.

اساس کار در سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی بر تهیه و تولید نقشه، جمع‌آوری اطلاعات جغرافیایی مورد نیاز و نمایش آنها با علائم مورد نظر و تجزیه و تحلیل و ترکیب آنها است. جمع‌آوری اطلاعات از منابع گوناگون انجام می‌شود مهم‌ترین آنها، تصاویر ماهواره‌ای، برداشتهای ژئوشیمی و ژئوفیزیک و دیگر نقشه‌ها و اطلاعات تهیه شده هستند.

با بهره‌گیری از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و اطلاعات جمع‌آوری شده می‌توان به اهم موارد ذیل دست یافت.

– امکان بر روی هم قرار دادن و نمایش توأم لایه‌های گوناگون اطلاعات در یک منطقه که ممکن است هر یک از آنها در سیستم تصویری متفاوتی موجود باشد.

– قابلیت تبدیل سیستم‌های تصویری به یکدیگر.

- قابلیت دیگر در GIS امکان کاربری متقابل (۱) است. کاربری متقابل قادر است یک رابطه بین کاربر (۲) و سیستم ایجاد کند. همچنین این امکان را فراهم می‌سازد که کاربر بتواند سئوالهای مورد نظر را از لایه‌های اطلاعاتی بپرسد. بنابراین امکان ایجاد ارتباط بین لایه‌های مختلف و اطلاعات مربوطه آنها کاملاً قابل اجرا است.

- چنانچه بخواهیم اطلاعات خاصی در مورد موضوعی مورد نظر باشد، می‌توان اقدام به جستجو در لایه‌های اطلاعاتی کرد، بدست آوریم با این امکان می‌توانیم در داده‌ها مثلاً برای تشخیص یک واحد لیتولوژیکی خاص می‌توانیم از این قابلیت استفاده کنیم، سیستم علاوه بر اینکه می‌تواند مشخص کند واحد مورد نظر در کجاها پراکنده است، می‌تواند از نظر موقعیت قرارگیری نسبت به شهر یا جاده‌ها و فاصله آنها نیز اطلاعاتی بدهد یا اینکه در هر نقطه از ناحیه مورد بررسی تعیین کند که کدام واحد زمین‌شناسی یا مشخصات دیگر وجود دارد.

- دیگر ویژگی، قابلیت ترکیب کردن لایه‌هاست. بر اساس روشهای مرسوم، زمین‌شناسان از روش دستی، ثبت، طبقه‌بندی و روی هم اندازی چندین نقشه بر روی میزهای نوری استفاده می‌کرده‌اند. از سال ۱۹۷۰، پردازش تصاویر به طور گسترده‌ای با استفاده از روی هم اندازی گرافیکی تصاویر سنجش از دور و ژئوفیزیک بکار گرفته شده‌اند و در برخی موارد از نقشه‌های ژئوفیزیک و ژئوشیمی با فرمت رستری (۳) استفاده شده است. از طرفی سیستم‌های پردازش تصویر که با فرمت رستری سروکار دارند، نمی‌توانند ساختار کارآ و مناسبی برای داده‌های نقطه‌ای، خطی و چند ضلعی و اطلاعات توصیفی مربوطه ارائه نمایند. با

1- User interface

2-User

۳- Raster

وجود این بسیاری از اطلاعات نقشه ای مورد علاقه زمین شناسان به همین شکل تهیه شده است.

در GIS کار با دو مدل رستری و خطی (۱) انجام می پذیرد. اجزاء مختلف موجود در ناحیه ویژگیها و مشخصات بسیاری دارند که هر کدام از این ویژگیها را می توان به صورت یک لایه اطلاعاتی نشان داد. بدین ترتیب تفسیر پدیده هایی جدا از هم به راحتی انجام می شود.

همچنین در GIS اندازه گیریها به راحتی صورت می گیرد و اطلاعات توصیفی را هم می توان بصورت جداول و یا هیستوگرامها و نمودارها در کنار نقشه آورد.

GIS فقط یک سیستم کامپیوتری صرفاً برای تولید نقشه نیست. گرچه می توان با آن انواع نقشه ها را در مقیاسهای مختلف در سیستم های تصویر متفاوت و با رنگهای متنوع نیز تولید کرد. این سیستم یک ابزار تحلیلی اطلاعات فضایی است همچنین قادر است رابطه بین چند ضلعی های موجود معرف عوارض مختلف بر روی نقشه را ارائه کند.

GIS یک بانک اطلاعاتی با حفظ کلیه اصول و معیارهای فنی و علمی ایجاد کند. برخورداری از امکانات فوق سبب بالا رفتن قدرت تصمیم گیری، افزایش کارائی ها در تجزیه و تحلیل های مکانی می شود.

بطور خلاصه می توان گفت که GIS می تواند مقدماتی را فراهم سازد که بوسیله آنها نقشه های مختلف موضوعی (یا تماتیک) و یا نقشه ها و داده هایی که شامل چندین لایه اطلاعاتی می شوند مانند داده های ماهواره ای، ژئوفیزیک هوائی، زمین شناسی، ژئوشیمی و ... با نتایج

کارهای صحرائی در حال انجام و دیگر داده ها که در پایگاههای اطلاعاتی موجود هستند تلفیق، آنالیز و مدل سازی کرده و جهت تعبیر و تفسیر با هدفی خاص به صورت یک نقشه با استفاده از قابلیت های نقشه کشی رقومی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در اختیار استفاده کنند قرار داد. از نکات دیگر می توان به امکانات این سیستم در مورد ارتباط داده با دیگر بانک های اطلاعاتی مکان مرجع اشاره نمود، همچنین می توان به کاربرد مؤثر GIS برای تهیه نقشه های موضوعی و چند وجهی زمین شناسی و اکتشافی اشاره نمود که می توانند درک کاملتری از مسائل زمین شناسی و ارزیابی توان منابع معدنی به دست دهند.

۲-۱- موقعیت جغرافیایی

ناحیه مورد بررسی بخشی از چهارگوش توپوگرافی ۱:۲۵۰,۰۰۰ مهاباد است. این ناحیه در بین طول‌های جغرافیایی ۴۶ تا ۴۶ درجه و ۳۰ دقیقه و عرض‌های جغرافیایی ۳۶ تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه واقع گردیده است. از لحاظ تقسیمات کشوری بخش عمده ورقه سقز متعلق به استان کردستان و بخش کوچتری از قسمتهای شمالی آن مربوط به استان آذربایجان غربی و در قلمرو شهرستانهای سقز، بانه و بوکان است.

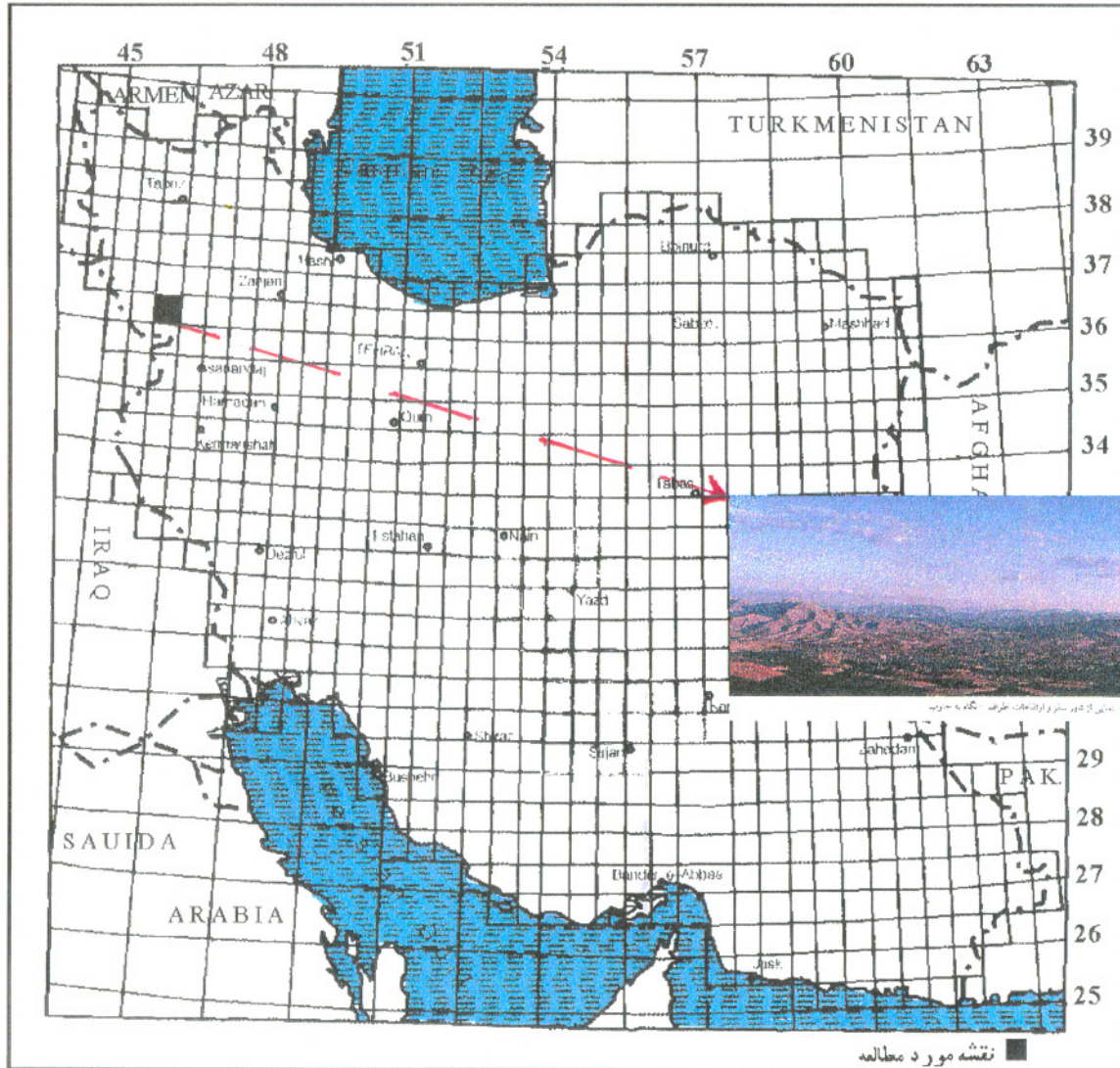
ورقه یکصد هزارم سقز خود از چهاربرگه توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ بنامهای شهری کند، برده زرد و سقز و بله جز تشکیل شده که شهرستان سقز تقریباً در میانه این ورقه قرار گرفته است.

شهری کند	برده زرد
بله جر	سقز

۳-۱- راههای ارتباطی

در محدوده مورد مطالعه چندین راه آسفالتی اصلی احداث گردیده که مهمترین محور این راهها جاده آسفالتی سنندج - سقز - بوکان می باشد. این راه با روند تقریباً شمالی - جنوبی در ورقه سقز ادامه دارد و از سمت بوکان به چند شاخه ارتباطی تقسیم می گردد که هر شاخه خود به تنهایی به شهرهای شاهین دژ - مهاباد - میاندوآب و در نهایت به ارومیه و نواحی شمال

LOCATION MAP



صورت دیده یک بخش از شهر سبز و ارتفاعات طرفه منطقه جنوب

نقشه مورد مطالعه

غربی کشور ارتباط پیدا می‌کند.

راه سقز بانه یکی از مهمترین شاهراههای این ورقه محسوب می‌شود که با روند تقریباً شرقی- غربی از سقز به شهرهای بانه - سردشت - پیرانشهر و شهر سلیمانیه عراق منتهی می‌گردد. راه سقز به مریوان با روند جنوب غربی ایندو شهر را به یکدیگر ارتباط می‌دهد. از راههای فرعی اما مهم این ورقه می‌توان به راه فرعی آسفالته - سقز - صاحب - کل تپه (واقع در دو ورقه یکصد هزارم تکاب) اشاره نمود. راه شوسه سقز - سه بوکان از راههای فرعی این ورقه محسوب می‌گردد.

۴-۱- آب و هوا

منطقه سقز از نواحی کوهستانی استان کردستان می‌باشد که دارای آب و هوای معتدل متمایل به سرد یا زمستانهای بسیار سرد و تابستانهای معتدل تا اندکی گرم است از اول مهرماه فصل سرما شروع و تا اواسط حتی اواخر فروردین ماه ادامه دارد سرمای شدید از آذرماه آغاز و تا اواخر اسفند ماه بطول می‌انجامد. درجه حرارت در تابستان حداکثر ۳۷ درجه و در زمستان ۱۱- درجه است. اختلاف درجه حرارت مطلق هوا بین زمستان و تابستان بسیار زیاد و گاهی به ۵۰ درجه نیز می‌رسد. میزان متوسط بارندگی ۵۰۰ میلی متر در سال می‌باشد.

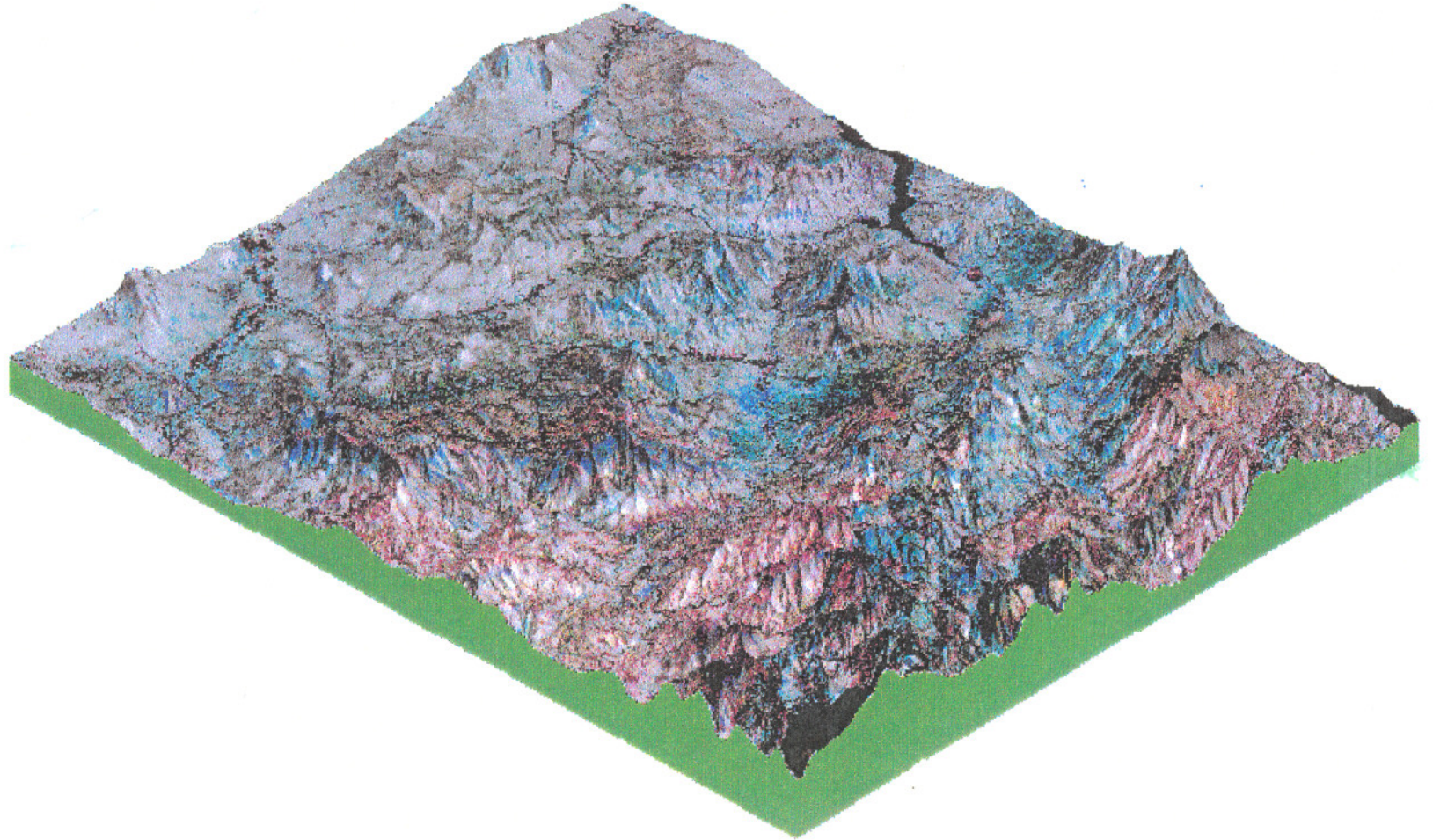
۵-۱- مرفولوژی

ارتفاعات موجود در ورقه سقز روندهای متفاوتی را از خود نشان می‌دهند اما روند کلی مرفولوژی این مناطق تقریباً شمال غرب - جنوب شرق است. لیکن بطور محلی برخی از ارتفاعات بویژه در برکه‌های ۱:۵۰,۰۰۰ برده زرد و بله جر روند شرقی - غربی تا شمال شرق - جنوب غرب را دارا می‌باشند.

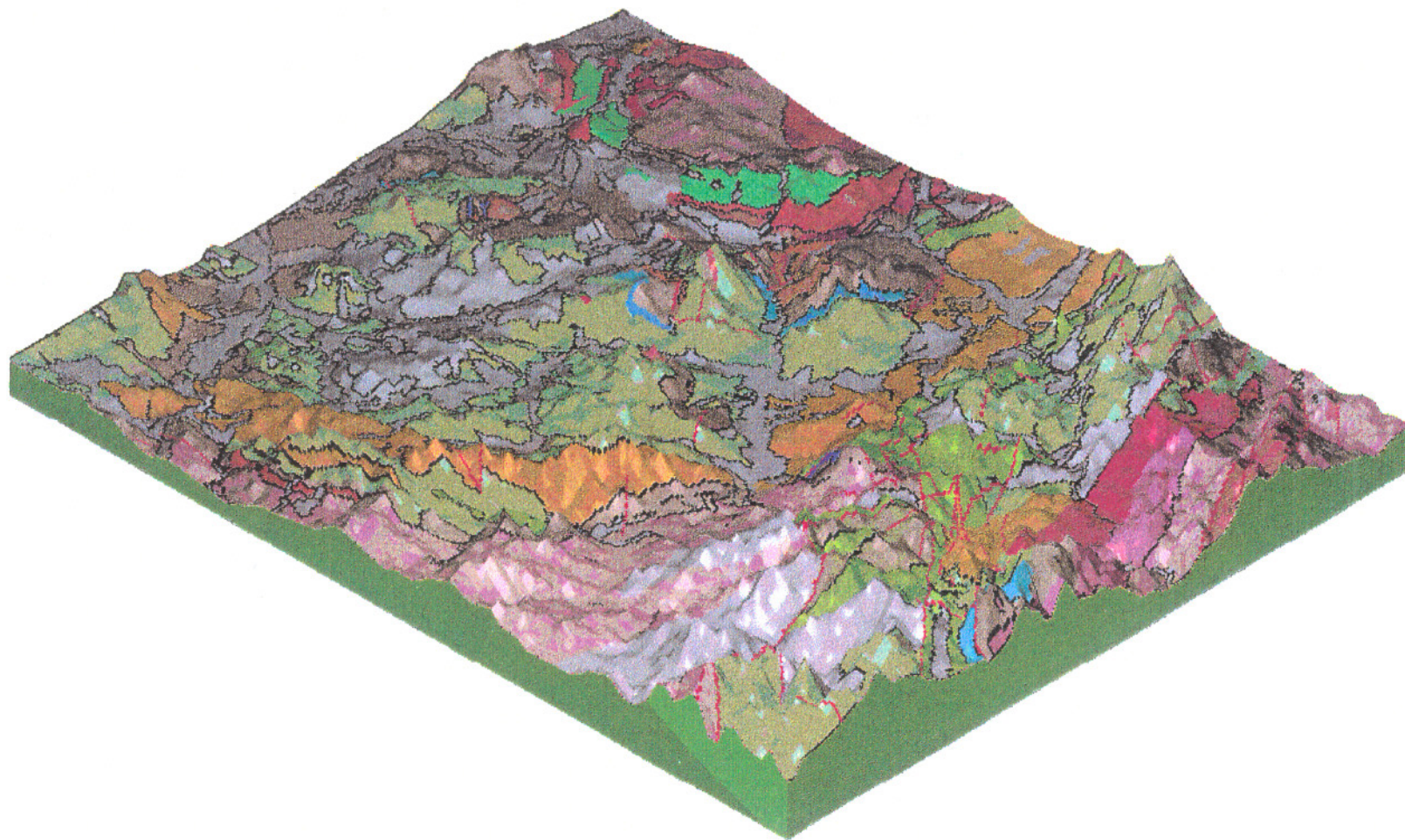
مرتفع ترین منطقه مربوط به قله پیربداغ با بلندی ۲۷۰۰ متر از سطح دریا واقع در جنوب غرب برکه توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ بله جر است و پستترین نقطه با دارا بودن بیش از ۱۴۰۰ متر از سطح دریا در حوالی صاحب واقع در برکه توپوگرافی سقز می‌باشد، بنابراین بین پستترین و بلندترین نقطه ارتفاعی در این ورقه نزدیک به ۱۳۰۰ متر اختلاف ارتفاع وجود دارد.

افزون بر قله یاد شده می‌توان از قله‌های برانان به ارتفاع (۲۶۴۰ متر) قله هما

3D TM IMAGE OF SAQEZ (DTM)



3D GEOLOGICAL MAP OF SAQEZ (DTM)



(۲۳۳۳ متر) قله غضب (۲۳۳۰ متر) قله شیشه (۲۲۸۱ متر) قله گاویش (۲۱۸۱ متر) و قله

شاخ زرد با بلندی (۱۹۹۱ متر) از سطح دریا نام برد.

۱-۶-۱ - نگاهی کلی به ویژگیهای زمین شناسی ناحیه مورد مطالعه

لازم به ذکر است که تمامی مطالب این قسمت اکتسابی از چندین گزارش موجود در سازمان زمین شناسی کشور می باشد که در قسمت منابع مورد استفاده ذکر خواهد شد.

۱-۶-۱-۱ - زمین شناسی

منطقه تحت بررسی در شمال غربی زون سنندج سیرجان واقع شده است، بخش عمده سنگهای دگرگونی متعلق به کرتاسه اند و دگرگونی آن هم ارز فاز لارامید است. این یکی از نادرترین اتفاقات زمین شناسی است که در فاز کوهزائی لارامید دگرگونی ایجاد شده است. جنس این سنگها عمدتاً شامل هورن فلسها، آندالوزیت شیسست و مرمر است. قدیمی ترین سنگهای منطقه رخساره های دگرگونی با سن پرکامبرین می باشند که شامل: فیلیتها، کنایس و سنگهای ولکانیکی اسیدی می باشد که بیشتر آنها در منتهی الیه جنوبی چهارگوش رخنمون دارند. آنها بوسیله توده های نفوذی گرانیتی (گرانیت سینیتها و گرانیت های آمیسیس دار) قطع گردیده است.

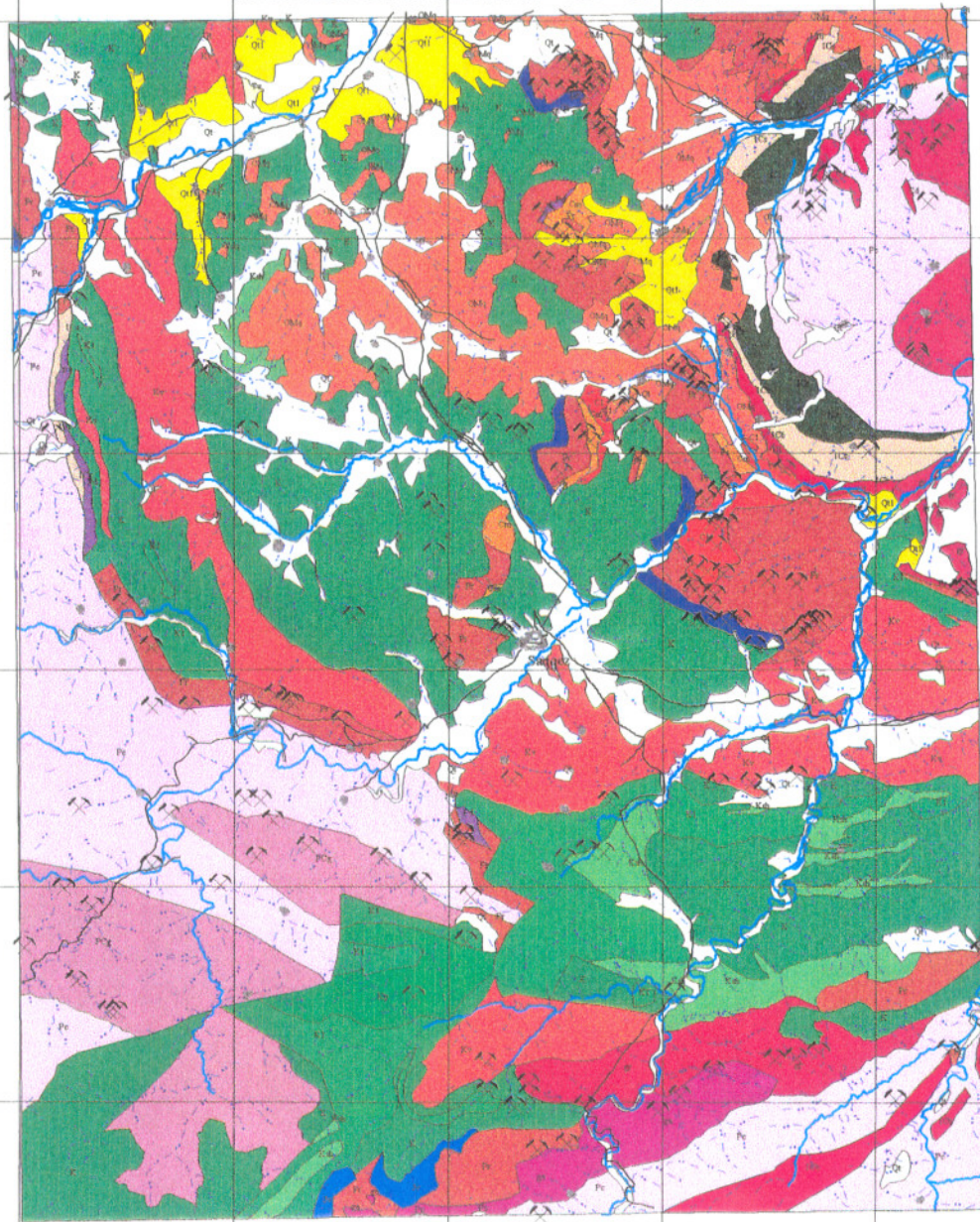
این توده ها عمدتاً سنگهای کربناتی، شیلاها، آندزیت های سبز و توفهای با سن ژوراسیک و کرتاسه را تحت تأثیر قرار داده است. در بعضی از مناطق کانی سازی هیدروترمال درجه حرارت پائین (ابی ترمال) که در ارتباط با فازهای آخرین فعالیت ماگمائی گرانیتی است، وجود دارد. مناطقی هم با ویژگیهای اسکارنی دیده می شوند.

در اثر فاز کششی کاتا نکایی در پوسته پلیت ایران گدازه های آتشفشانی که بیشتر آنها ریولیت است بوجود آمده است که در این منطقه به ریولیت های مهاباد معروفند که از مشخصات ریفت های قاره ای است.

از نهشته های دوره های سیلورین، دونین و کربونیفر در این منطقه دیده نشده اند که نبود چینه ای عمده ناحیه را تشکیل می دهد.

GEOLOGICAL MAP OF SAQEZ

4040000



LEGEND

Qt	ALLUVIUM, YOUNGER TERRACES	Js	LATERITE
Tv	TRAVERTINE	Pc	AMPHIBOLITE (PB)
Qt1	OLDER TERRACES	Pqc	GNESSIS
OMq	OMI FORMATION - LIMESTONE WITH BASAL CLASTIC SEDIMENTS, MARL	Gr	GRANITE (POST-CRETACEOUS (ALBOCENE))
K	CRETACEOUS IN GENERAL (UNDIFFERENTIATED)	md	MICRODIORITE (TERTIARY)
Kl	LIMESTONE (KL) AND DOLOMITE (KD) WITH SUBORDINATED SHALE	Gr	AMPHYST GRANITE (TERTIARY)
Kv	GREEN ANDESITE AND RELATED TUFFS	Cd	DIORAN GRANITE
Ksh	SHALE WITH INT. AND VOLC. INTERCALATIONS		
Kp	HOMOGENOUS PHYLLITE		
Jv	ANDESITIC ROCK		
Pr	RUTUH FORM LIMESTONE, DOLOMITE		
Pd	DOLOMITE, LIMESTONE, SANDSTONE		
Cm	DOLOMITE, LIMESTONE, SHALE		
Cl	LALUN SANDSTON		
ICz	ZAGHUN FORMATION		
ICb	BARUT FORMATION		
ICs	SOLDANIEH DOLOMITE		
ICr	MAHABAD RHYOLITE		

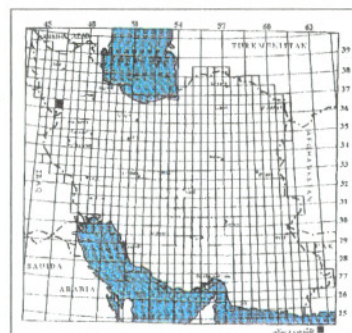
403

402

Symbols

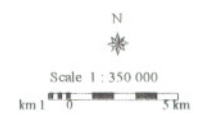
- Drainage
- River
- Road
- City, Village
- Mine

LOCATION MAP



401

400



3990000

GEOLOGICAL SURVEY OF IRAN
GEOMATICS DEPARTMENT
G.I.S. GROUP

سازندهای موجود در این چهارگوش عبارتند از:

سازند کهر: با سن پرکامبرین این سازند بخش غیردگرگونی پرکامبرین ایران است سازند کهر در دورسنجی انجام شده از ناحیه تشخیص داده شده است. این سازند عمدتاً از شیل تشکیل شده است و از قدیمی ترین سازندهای رسوبی ایران محسوب می شود.

دولومیت سلطانیه: دولومیت سلطانیه شامل دولومیت سرخ رنگ به اضافه کمی شیل است. دولومیت سلطانیه نیز پرکامبرین دگرگون نشده.

سازند باروت: سازندی در کامبرین زیرین است. شیلی، ماسه سنگی به اضافه کمی دولومیت است. آهک استروماتولیت دار نیز در آن دیده شده است.

سازند لالون: سازند لالون بیش از ۵۰٪ ماسه سنگ دارد. بطور کلی لالون را به صورت ماسه سنگ قرمز می توان شناخت که مؤید شرایط آب و هوایی خشک تا ساحلی می باشد. سن این سازند مربوط به کامبرین زیرین می باشد. سازند لالون جزو سازندهای کلیدی ایران است. چون تقریباً در تمام ایران به صورت ماسه سنگی در کامبرین زیرین به چشم می خورد. سازند لالون در واقع حد فوقانی اینفراکامبرین و کامبرین است.

سازندهای ژوراسیک در منطقه: در ژوراسیک چهارگوش سقز، رخنمونهای فیلیتهای ژوراسیک، شیست و فیلیتهای ژوراسیک و شیلهای ژوراسیک وجود دارد.

ژوراسیک زیرین در همه جا «شیل» است و بالطبع مجدداً ژوراسیک زیرین بصورت یک لایه کلیدی می‌شود، زیرا در تمام ایران ژوراسیک زیرین پلات فرمی و جزایری بوده است. شیست و فیلیت هم دگرگونی هستند، و از جمله خصوصیات بسیار مهم زون سنندج سیرجان است که دارای متامورفهای دوران دوم می‌باشد. این زون دگرگونی را کنتاکت متامورفیسیم به وجود آورده است.

سازند قم: سن آن الیگومیوسن می‌باشد که بطور خلاصه شامل سه قسمت است. سازند قرمز پائینی – سازند قم – سازند قرمز بالائی که در چهارگوش سقز، بیشتر آنها سازند قم مشاهده می‌شود.

۳-۶-۱- تکتونیک چهار گوش سقز

سیستم گسلهای عرضی و طولی در روی رسوبات کرتاسه بیشتر از سایر نهشته‌ها عمل کرده است این عملکرد منجر به شکستگی، خردشدگی و ایجاد درز و شکافهای زیادی در سنگها شده است. در بعضی از مناطق مرزهای بین کنتاکتهای سازندها را گسلها تشکیل می دهند.

روند کلی واحدهای زمین ساخت بیشتر شمال غرب به جنوب شرق است و همسو با تراست زاگرس می باشد.

عملکرد فاز کوهزایی لارامید در منطقه باعث دگرگونی سنگهای کرتاسه گردیده است. در اثر عملکرد فاز کوهزایی کاتا نگایی میسری آتشفشانهای (عمدتاً ریولیتی) در منطقه ایجاد شده است.

چین خوردگیهای منطقه پس از رسوبگذاری تشکیلات قم بوجود آمده اند، که طی حرکات تکتونیکی خاصی وجود داشته که از نظر بسیاری از متخصصین این حرکات بر اثر بازشدگی دریای سرخ بوده و فشار کمپرسیونی ناشی از آن رسوبات را چین داده است.

فصل دوم:

مراحل انجام کار در سیستم اطلاعات جغرافیایی

۲- مراحل انجام کار در سیستم اطلاعات جغرافیایی

مهمترین هدف (GIS) تلفیق تمامی داده‌های مکانی و ارزیابی نهائی آنها است. تهیه نقشه‌های پتانسیل کانی سازی با استفاده (GIS) روندی است که بطور عمده از حدود ۱۰ سال پیش در جهان آغاز شده است. با اضافه شدن تعداد نقشه‌ها و داده‌های مختلف مربوط به یک ناحیه تلفیق آنها با روشهای دستی و متداول معمولاً بسیار مشکل یا غیرممکن می‌شود. یک سیستم اطلاعات جغرافیائی (GIS) امکان استفاده از روشهای مختلف ترکیب داده‌ها و تعریف محاسبه و به نقشه در آوردن متغیرهای جدیدی را فراهم می‌آورد که می‌توان از آنها در تهیه نقشه‌های پتانسیل کانی سازی استفاده کرد. نقشه‌های پتانسیل کانی سازی می‌توانند در تصمیم گیری مراحل بعدی عملیات پی جوئی یا اکتشاف مورد استفاده قرار گیرند. در اغلب پروژه هائی که از سیستم‌های اطلاعات جغرافیائی (GIS) استفاده می‌شود، سه مرحله اساسی زیر انجام می‌پذیرد:

۱- ورود داده ها و تشکیل بانک اطلاعاتی لایه‌های مختلف

۲- تجزیه و تحلیل اطلاعات لایه ها

۳- ترکیب لایه‌های مختلف با هم

معمولاً مراحل کلی بالا در اغلب پروژه هائی که هدف نهائی تهیه نقشه هائی است که به تصمیم گیری ها کمک می‌کند یا خود راهنمای مراحل بعدی کار پروژه می‌شود، انجام می‌پذیرد. در برخی پروژه ها خروجی‌های مرحله دوم به صورت نقشه ها یا جداول ممکن است به عنوان مرحله آخر و نتیجه مورد نظر از به کارگیری سیستم‌های اطلاعات جغرافیائی (GIS) باشد. در مورد تهیه نقشه‌های پتانسیل مواد معدنی در اغلب موارد نیاز به مرحله سوم نیز وجود دارد.

حاصل مرحله سوم نقشه یا نقشه هائی خواهد بود که پتانسیل حضور کانسار در یک ناحیه را پیشنهاد می‌کند.

مرحله اول معمولاً شامل شناسائی منابع داده‌های موردنظر، برداشت و جمع آوری داده ها، رقمی کردن آنها، ورود آنها به کامپیوتر، سازمان دهی و تغییر ساختار و زمین مرجع کردن برخی از داده‌های اولیه است.

در مرحله دوم پس از ورود داده‌های مختلف به یک سیستم اطلاعات جغرافیائی و آماده کردن لایه‌های اطلاعاتی مختلف، اقدام به تجزیه و تحلیل آنها و نتیجه گیری می‌شود. همچنین در این مرحله می‌توان در مورد انتخاب و نحوه ایجاد نقشه‌های نشانگر و تعیین متغیرها یا پارامترهای نشانگر مورد نظر تصمیم گیری و اقدام کرد.

مرحله سوم شامل استفاده از یک یا چند مدل برای ترکیب لایه‌های اطلاعاتی (اولیه یا ثانوی) است. انتخاب روش ترکیب و پارامترهای آن به هیچ عنوان به تنهایی توسط سیستم های اطلاعات جغرافیائی انجام نمی شود بلکه کارشناس یا کارشناسان دست اندر کار پژوهر می‌بایستی در مورد آن تصمیم گیری کنند. این مسأله به ظاهر ساده جزء مهمترین و حساس ترین مرحله کار تهیه نقشه‌های پتانسیل معدنی است. استفاده از روش یا پارامترهای نه چندان صحیح موجب اخذ نقشه‌های پتانسیلی خواهد شد که متفاوت با واقعیت خواهند بود. دلیل دیگری که می‌تواند موجب چنین وضعی شود، داده ها و اطلاعات ورودی نه چندان صحیح از منابع مختلف است. واضح است که ترکیب دو حالت فوق موجب می شود تا نقشه پتانسیل موادمعدنی تهیه شده با واقعیت موجود در زمین متفاوت باشد.

عوامل عمده ای که موجب تهیه یک نقشه پتانسیل که در حد امکانات و مقدرات با واقعیت

زمین منطبق است بستگی دارد به :

- ۱- دقیق و مهمتر از آن صحیح بودن اطلاعاتی که توسط لایه‌های مختلف وارد یک سیستم اطلاعات جغرافیائی می‌شود (زمین شناسی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک و اندیس‌های شناخته شده تصاویر دورسنجی و ۰۰۰)
- ۲- انتخاب مناسب و صحیح نشانگرها
- ۳- انتخاب مناسب و صحیح مدل یا مدل‌های مورد نیاز برای ترکیب داده‌ها و پارامترهای آنها

۲-۲- گردآوری اطلاعات موجود

- از نظر زمانی معمولاً مرحله گردآوری اطلاعات بیشترین وقت یک پروژه تهیه نقشه پتانسیل را به خود اختصاص می‌دهد. این مسأله خصوصاً هنگامی که بخش عمده‌ای از داده‌های ورودی نظیر نقشه زمین شناسی، جداول داده‌ها و ۰۰۰ بصورت چاپ نشده و غیر ددی موجود باشند، بیشتر نمایان می‌شود.
- داده‌های زیرمبنای کار برای تهیه نقشه پتانسیل کانی سازی قرار گرفته است و پس از پردازش داده‌ها، بر مبنای هر یک نقشه‌های نشانگر تهیه گردیده است.
- داده‌های توپوگرافی از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ سازمان جغرافیائی ارتش.
 - داده‌های زمین شناسی (نقشه ۱:۲۵۰,۰۰۰ چهارگوش مهاباد و کنتاکت‌های تشخیص داده شده در بخش دورسنجی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور).
 - داده‌های اکتشافی ژئوفیزیک هوائی نقشه ۱:۲۵۰,۰۰۰ مغناطیسی هوائی گروه

ژئوفیزیک و داده‌های رقومی بخش اطلاعات زمین مرجع سازمان زمین شناسی کشور.

– داده‌های اکتشافی ژئوشیمی بخش ژئوشیمی و داده‌های رقومی بخش اطلاعات زمین

مرجع سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

– داده‌های دورسنجی سنجنده لندست TM در ۷ باند همراه داده‌های پردازش شده

آلتراسیونی و اکسید آهن توسط گروه دورسنجی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی

کشور.

– داده‌های تکتونیکی (نقشه‌های زمین شناسی و عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای و داده‌های

ژئوفیزیک سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور).

– داده‌های اکتشافی متالوژنیکی و اکتشافات چکشی بخش اکتشافات معدنی سازمان

زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

– داده‌های اکتشافی ژئوفیزیک هوایی ۱:۲۵۰,۰۰۰ مغناطیسی هوایی گروه ژئوفیزیک.

تمامی داده‌های ذکر شده را ابتدا رقومی کرده و پس از پردازش، برای هر کدام نقشه‌های

نشانگری تهیه شده است.

۱-۱-۲- داده‌های توپوگرافی

با توجه به اینکه اساس اطلاعات فعالیت کلیه گروه‌ها، نقشه‌های توپوگرافی است به همین

منظور در ابتدا بخش GIS به جمع‌آوری و رقومی نمودن نقشه‌های ۱:۵۰,۰۰۰ توپوگرافی

منطقه سقز و تبدیل آن به مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰ با رعایت استانداردهای این مقیاس پرداخته

است. عوارض در این نقشه‌ها هر کدام در یک لایه قرار گرفته و امکان بر روی هم قرار دادن و

ترکیب کردن لایه‌های گوناگون اطلاعات میسر می‌باشد. نقشه‌های توپوگرافی در ۴ لایه اصلی
رقومی شده است که برحسب الویت به ترتیب عبارتند از:

۱- لایه منحنی میزان اصلی و فرعی و نقطه ارتفاعی

۲- شبکه آبراهه‌ها و رودخانه‌ها

۳- جاده‌ها

۴- شهرها و روستاها

از لایه منحنی‌های میزان جهت تهیه مدل رقومی سطح زمین (DTM) و مدل رقومی ارتفاعی (DEM) استفاده گردید که ارزشمندترین نحوه استفاده از روش‌های نمایش ناهمواری‌ها، همان نمایش سه بعدی (DTM) آنهاست؛ زیرا از این طریق می‌توان پدیده مورد نظر را بطور زنده تری در مقابل چشم داشت همچنین می‌توان ارتباط متغیرهای مختلف را با توپوگرافی ناحیه بطور بهتری مورد بررسی قرار داد. از DEM می‌توان در کارهای ژئوشیمیایی کمک گرفت. DEM تهیه شده در منطقه سقز جهت مطالعه ژئوشیمی به گروه متخصصین این امر نیز تحویل داده شده است. ضمناً علاوه بر DEM لایه‌های اطلاعاتی آبراهه‌ها و محل‌های نمونه‌گیری ژئوشیمی هم روی آن مشخص شد.

از لایه آبراهه‌ها هم برای تهیه نقشه‌های موضوعی ژئوشیمیایی استفاده گردید و به بخش اکتشافات ژئوشیمیایی تحویل داده شد تا به آنها در شناسایی محدوده‌های آنومالی ژئوشیمیایی یاری دهد.

TOPOGRAPHIC MAP



Legend

- River
- Drainage
- 36
- 37
- Road
- City

SAQEZ



Scale 1 : 350 000



G.I.S. Group

46° 00'

46° 10'

46° 20'

46° 30'

46° 40'

46° 50'

36° 30'

36° 25'

36° 20'

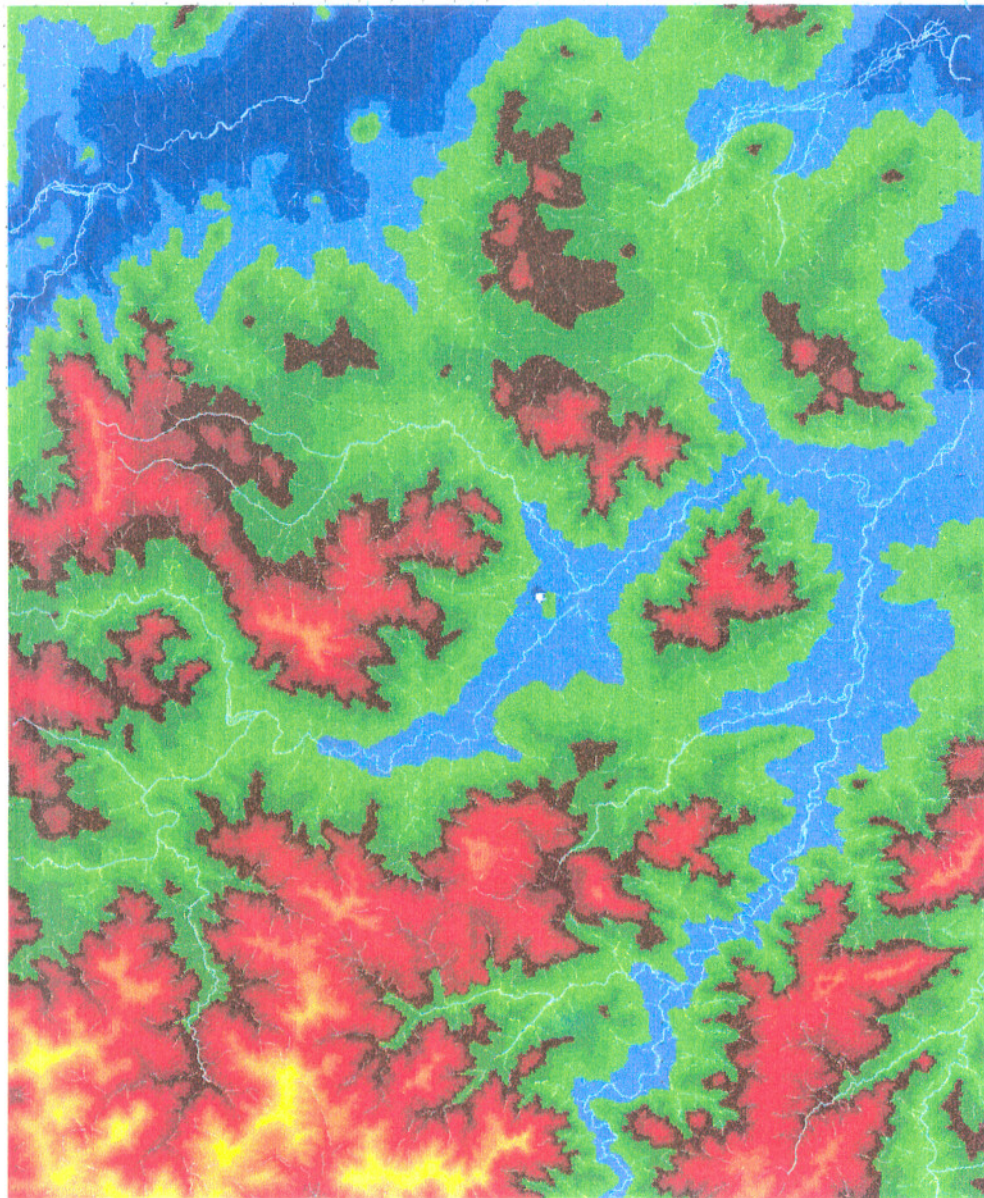
36° 15'

36° 10'

36° 05'

36° 00'

DEM



GEOLOGICAL SURVEY OF IRAN

Legend

	1200 - 1269
	1270 - 1339
	1340 - 1409
	1410 - 1479
	1480 - 1549
	1550 - 1619
	1620 - 1689
	1690 - 1759
	1760 - 1829
	1830 - 1899
	1900 - 1969
	1970 - 2039
	2040 - 2109
	2110 - 2179
	2180 - 2249
	2250 - 2319
	2320 - 2389
	2390 - 2459
	2460 - 2529
	2530 +

River
Drainage



Scale 1 : 350 000
km 1 0 8 km

GIS Group

46° 00'

46° 10'

46° 20'

46° 30'

46° 40'

46° 50'

36° 30'

36° 25'

36° 20'

36° 15'

36° 10'

36° 05'

36° 00'

۲۷

۲-۱-۲- داده‌های زمین شناسی

داده‌های موجود زمین شناسی منطقه شامل نقشه چهارگوش ۱:۲۵۰,۰۰۰ مهاباد و

کنتاکت‌های واحدهای سنگ شناسی تشخیص داده شده از روی تصاویر ماهواره ای لندست

TM بوده است.

Faults in the Study Area



Scale 1 : 350 000
km 2 0 10 km

G.I.S. Group

46° 00'

46° 10'

46° 20'

46° 30'

46° 40'

46° 50'

36° 30'

36° 25'

36° 20'

36° 15'

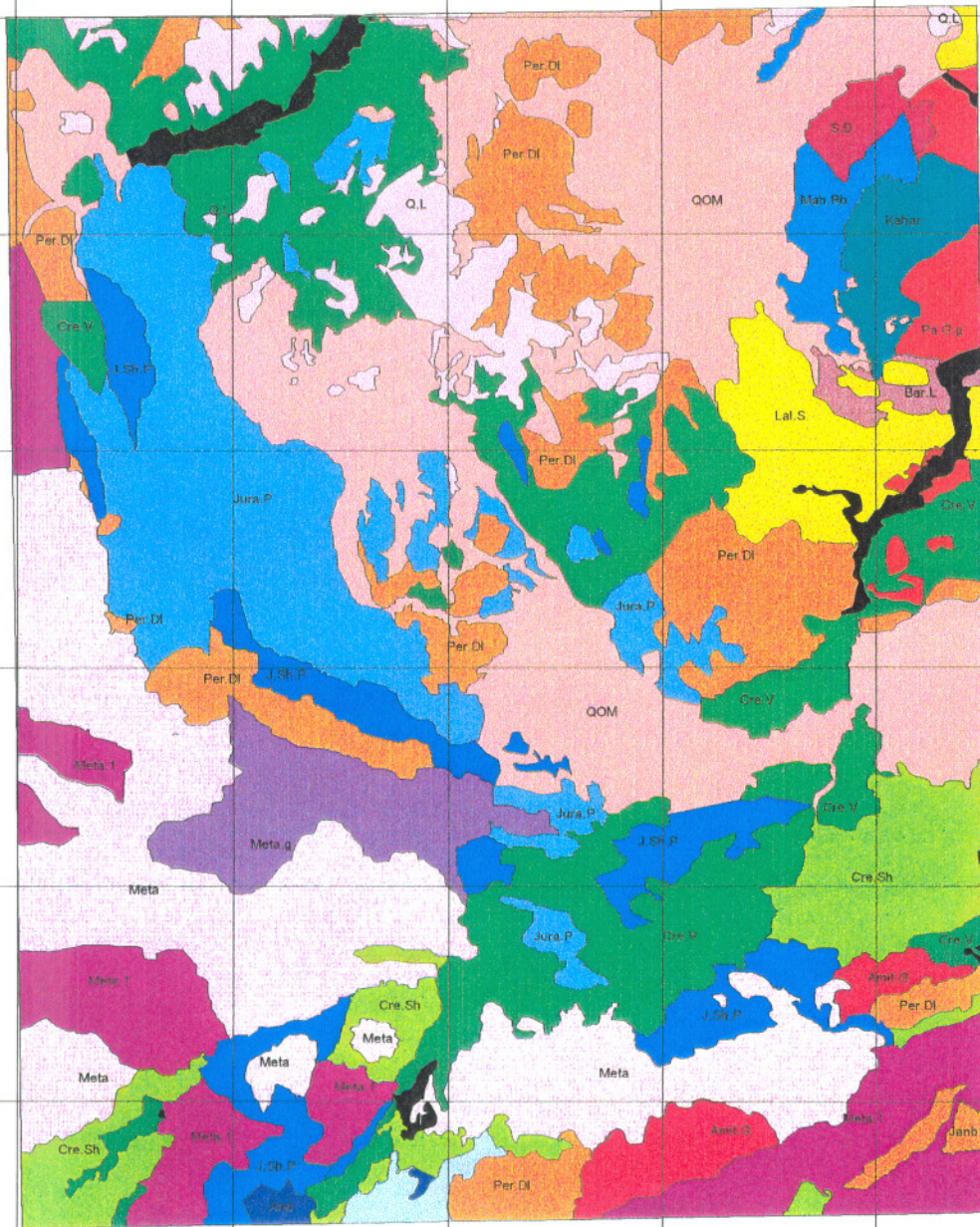
36° 10'

36° 05'

36° 00'

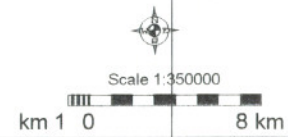
ROCK UNITS MAP

4040000N



Legend

- | | | | |
|---|--------|---|--|
|  | Q.L | | |
|  | QOM |  | Qom formation |
|  | Cre.Sh |  | Qom formation |
|  | Cre.V |  | Cretaceous shale |
|  | Sh |  | Cretaceous volcanic |
|  | Jura.P |  | Shale |
|  | J.Sh.P |  | Jurassic phyllite |
|  | And |  | Jurassic shale and phyllite |
|  | Per.DI |  | Andesite |
|  | Lal.S |  | Permian dolomite |
|  | Janb.L |  | Pa.G.g Paleocene granite, granodiorite |
|  | Bar.L |  | Amit.G Amethyst granite (Paleocene) |
|  | S.D | | METAMORPHIC ROCKS |
|  | Kahar |  | Meta |
|  | Mah.Rh |  | Meta.l |
|  | TM |  | Meta.g |



401

400

3990000N

590000E

60

61

62

63

64

65

660000E

۳-۱-۲- داده‌های اکتشافی چکشی و متالورژی

این داده‌ها که با دقت ۱:۱۰۰,۰۰۰ برداشت شده‌اند محل اندیس‌های معدنی شناخته شده تا زمان انجام این مطالعه در چهارگوش سقز را نشان می‌دهند. این نقاط اطلاعاتی به همراه جداول توصیفی و عکسهای موجود مقاطع صیقلی و عکسهای گرفته شده در زمین با مختصات دقیق رومی وارد سامانه اطلاعات جغرافیائی گردید تا به عنوان یک بانک اطلاعاتی اندیس‌های معدنی ناحیه مورد استفاده قرار گیرد.

توزیع مکانی اندیس‌های معدنی شناخته شده مبنائی برای تهیه نقشه‌های نشانگر قرار گرفته است. اطلاعات کلیدی این بانک اطلاعاتی که در این مطالعه نیز مورد استفاده عمده قرار گرفته، مختصات مکانی نقاط مورد نظر و نوع کانی سازی عمده مشاهده شده در محل آنها بوده است.

Deposits



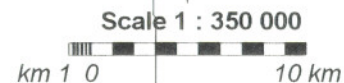
GEOLOGICAL SURVEY OF IRAN

Legend

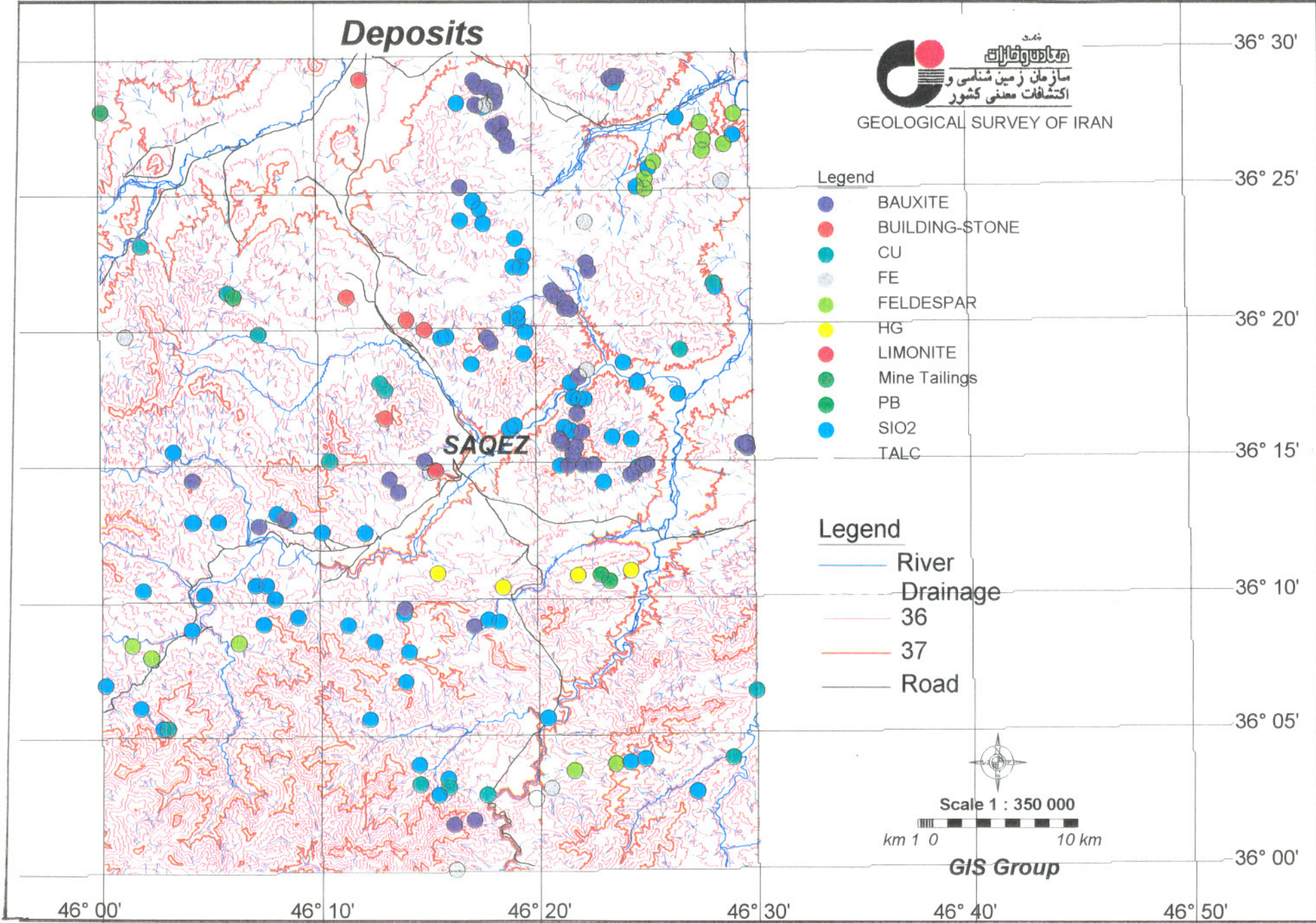
- BAUXITE
- BUILDING-STONE
- CU
- FE
- FELDSPAR
- HG
- LIMONITE
- Mine Tailings
- PB
- SIO2
- TALC

Legend

- River
- Drainage
- 36
- 37
- Road



GIS Group



46° 00' 46° 10' 46° 20' 46° 30' 46° 40' 46° 50'

36° 30'

36° 25'

36° 20'

36° 15'

36° 10'

36° 05'

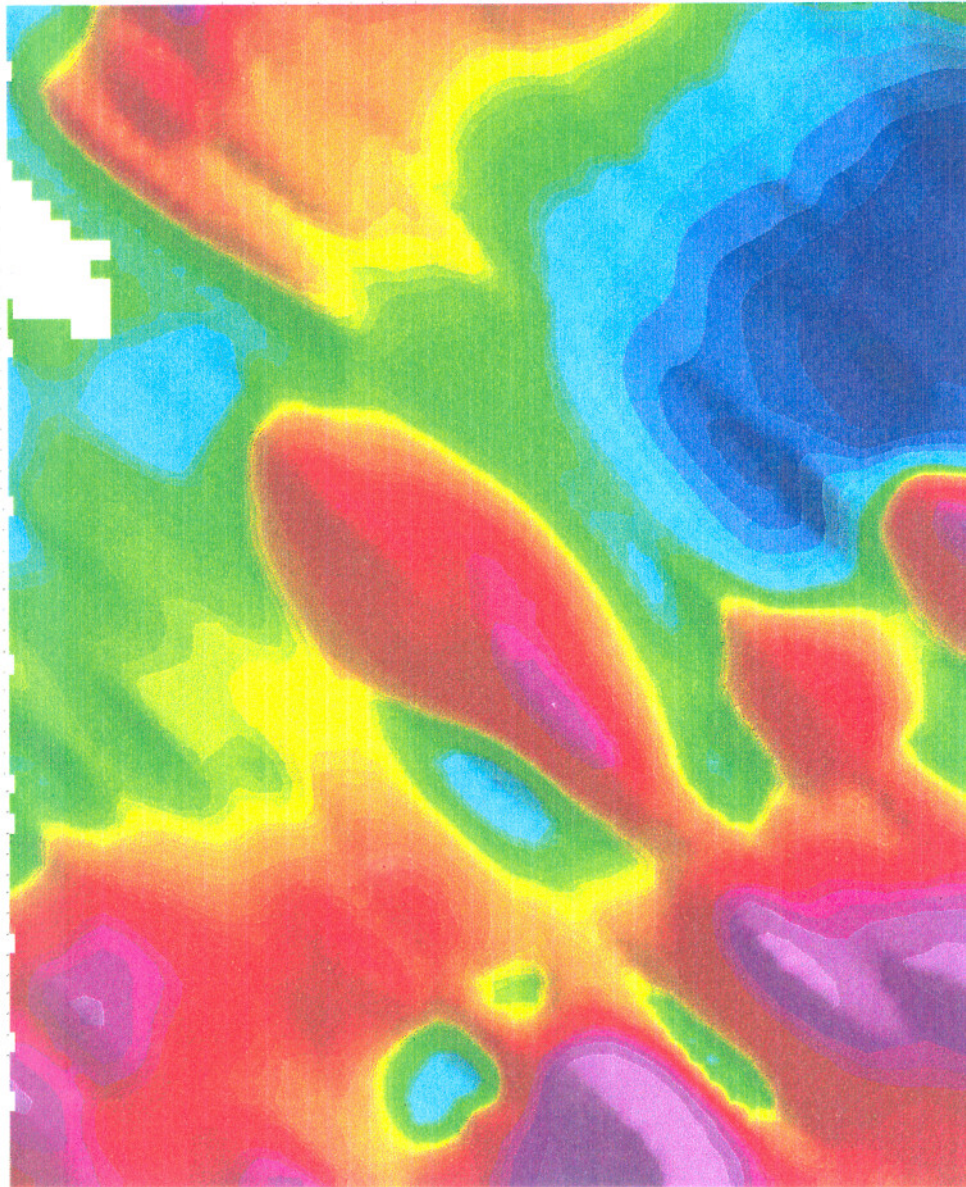
36° 00'

۴-۱-۲- داده‌های ژئوفیزیکی

در این بررسی ابتدا کسله‌ها و توده‌های نفوذی کم عمق تشخیص داده شده در نقشه ۱:۲۵۰,۰۰۰ ژئوفیزیک رقومی شده، سپس اطلاعات پردازش شده و رقومی شده آنها که شامل داده‌های مغناطیس‌سنجی هوایی به سه صورت داده‌های upward-total و مشتق اول میدان مغناطیسی می‌باشد وارد GIS شد.

غالباً دو دلیل عمده می‌تواند منشأ ناهنجاری‌های مغناطیسی باشد. یکی وجود کانی‌های نظیر مگنتیت، ایلمنیت، پیروتیت و سایر کانی‌هایی که دارای خواص مغناطیسی هستند و دیگری توپوگرافی و ساختارهای تکتونیکی ناحیه (ساختمان سنگ کف، کسله‌ها و ۰۰۰). با استفاده از داده‌های Total می‌توانیم تغییرات کلی منطقه را ملاحظه کنیم و از نقشه upward در مطالعه تغییرات لیتولوژیکی پی سنگ (۱) منطقه کمک بگیریم و محل توده‌های نفوذی را مشخص کنیم.

با داده‌های مشتق اول میدان مغناطیسی می‌توانیم به گرادیان یا تغییرات ناهنجاری‌های سطحی پی ببریم یک مقایسه ساده بصری از روند توزیع اندیس‌های معدنی فلزی شناخته شده ناحیه، ارتباط زیادی با روندهای موجود در مقدار میدان مغناطیسی اندازه‌گیری شده یا گرادیان آن (مشتق اول) در ناحیه مورد نظر، نشان می‌دهد.



36° 30'



سازمان زمین شناسی و
اکتشافات معدنی کشور
GEOLOGICAL SURVEY OF IRAN

36° 25'

AEROMAGNETIC MAP

36° 20'

Total Field Magnetic intensity

36° 15'

36° 10'



Scale 1 : 350 000



36° 05'

GIS GROUP

36° 00'

46° 00'

46° 10'

46° 20'

46° 30'

۱۲

Total Field Magnetics

& known mineral deposits

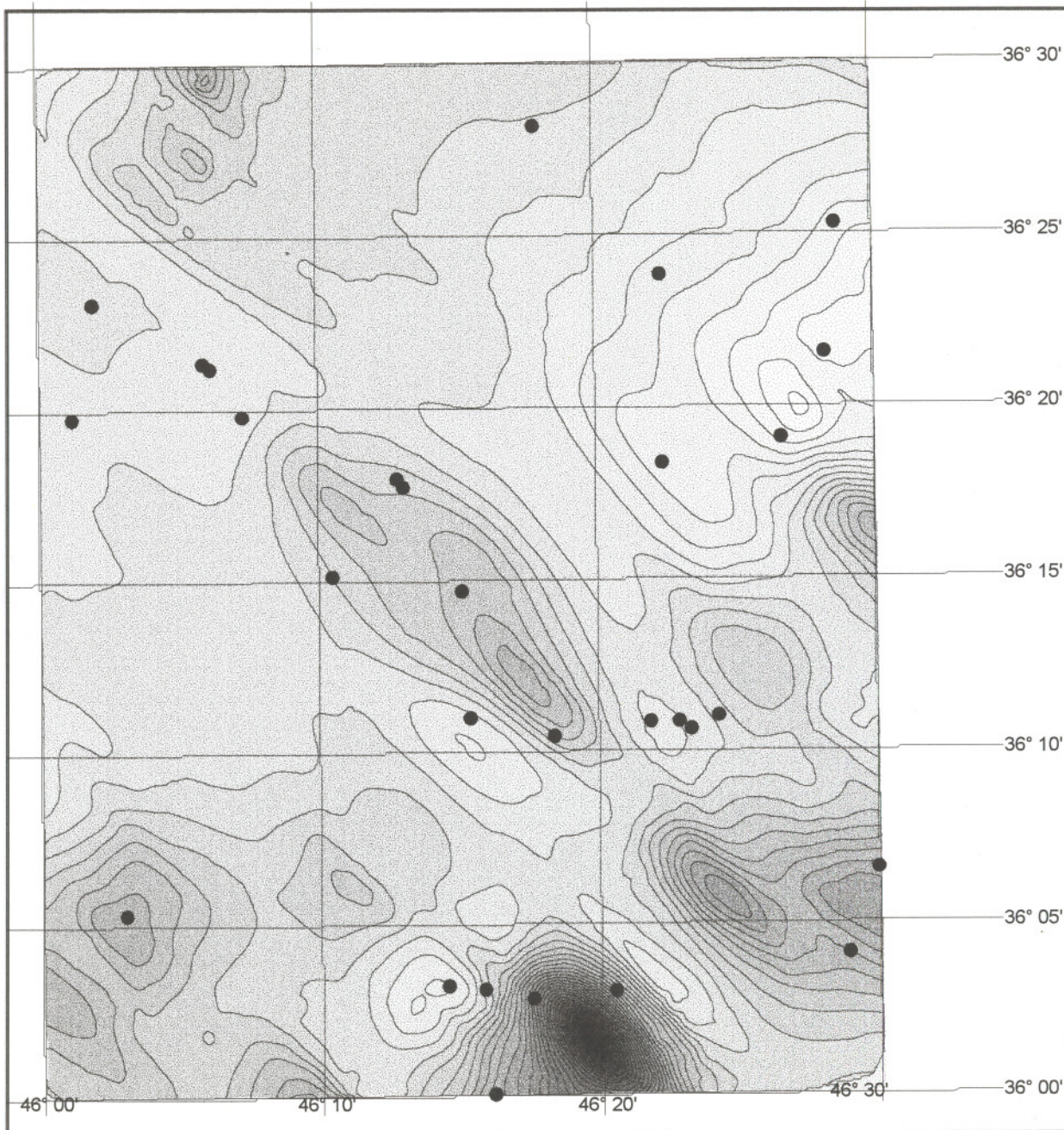
Legend

- 30.0 - 39440.1
- 39440.1 - 39457.7
- 39457.7 - 39475.2
- 39475.2 - 39492.8
- 39492.8 - 39510.3
- 39510.3 - 39527.9
- 39527.9 - 39545.5
- 39545.5 - 39563.0
- 39563.0 - 39580.6
- 39580.6 - 39598.1
- 39598.1 - 39615.7
- 39615.7 - 39633.3
- 39633.3 - 39650.8
- 39650.8 - 39668.4
- 39668.4 - 39685.9
- 39685.9 - 39703.5
- 39703.5 - 39721.0
- 39721.0 - 39738.6
- 39738.6 - 39756.2
- 39756.2 - 39773.7
- 39773.7 - 39791.3
- 39791.3 - 39808.8
- 39808.8 - 39826.4
- 39826.4 - 39843.9
- 39843.9 - 39861.5
- 39861.5 - 39879.1
- 39879.1 - 39896.6
- 39896.6 - 39914.2
- 39914.2 - 39931.7
- 39931.7 - 39949.3
- 39949.3 - 39966.9
- 39966.9 - 39984.4
- 39984.4 - 40002.0
- 40002.0 - 40019.5
- 40019.5 - 40037.1
- 40037.1 +

● Metallic Deposit Showings



Scale 1 : 350 000



UPWARD CONTINUATION

Legend

[White]	39490.5 - 39503.4
[Lightest Gray]	39503.4 - 39516.3
[Light Gray]	39516.3 - 39529.1
[Medium-Light Gray]	39529.1 - 39542.0
[Medium Gray]	39542.0 - 39554.8
[Medium-Dark Gray]	39554.8 - 39567.7
[Dark Gray]	39567.7 - 39580.5
[Very Dark Gray]	39580.5 - 39593.4
[Darkest Gray]	39593.4 - 39606.2
[Black]	39606.2 - 39619.1
[Black]	39619.1 - 39631.9
[Black]	39631.9 - 39644.8
[Black]	39644.8 - 39657.6
[Black]	39657.6 - 39670.5
[Black]	39670.5 - 39683.3
[Black]	39683.3 - 39696.2
[Black]	39696.2 - 39709.0
[Black]	39709.0 - 39721.9
[Black]	39721.9 - 39734.7
[Black]	39734.7 +



Scale 1 : 350 000



GIS GROUP

36° 30'

36° 25'

36° 20'

36° 15'

36° 10'

36° 05'

36° 00'

46° 00'

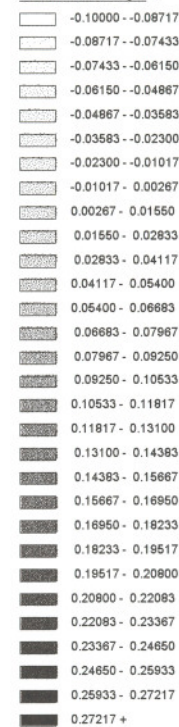
46° 10'

46° 20'

46° 30'

First Derivative of Magnetic

First derivative of magnetic



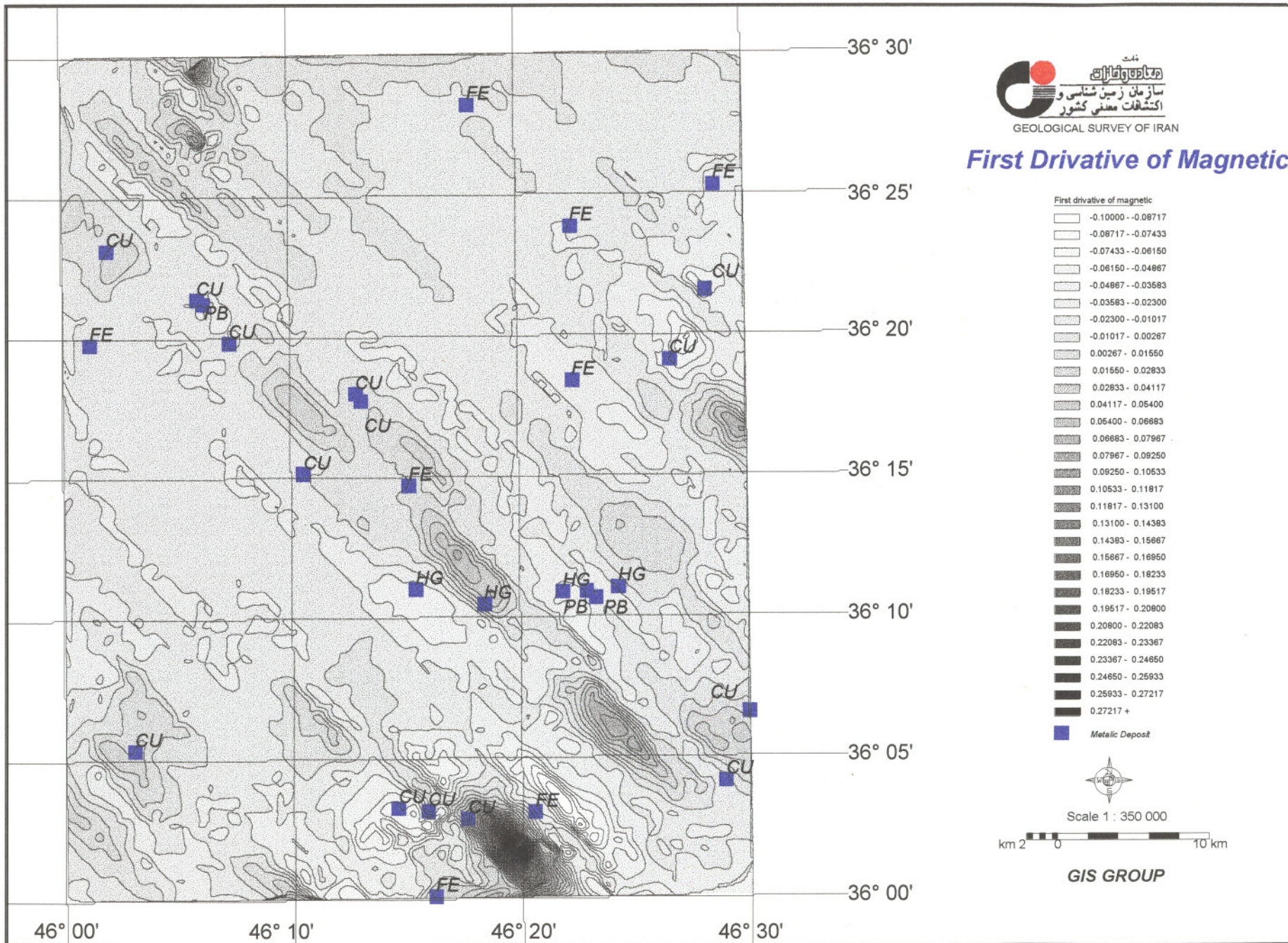
Metallic Deposit



Scale 1 : 350 000

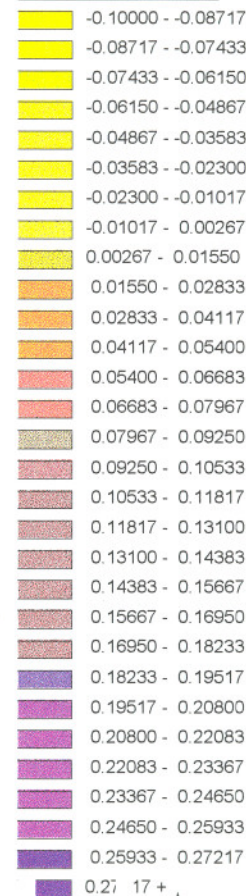


GIS GROUP

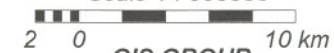


First Derivative of Magnetic

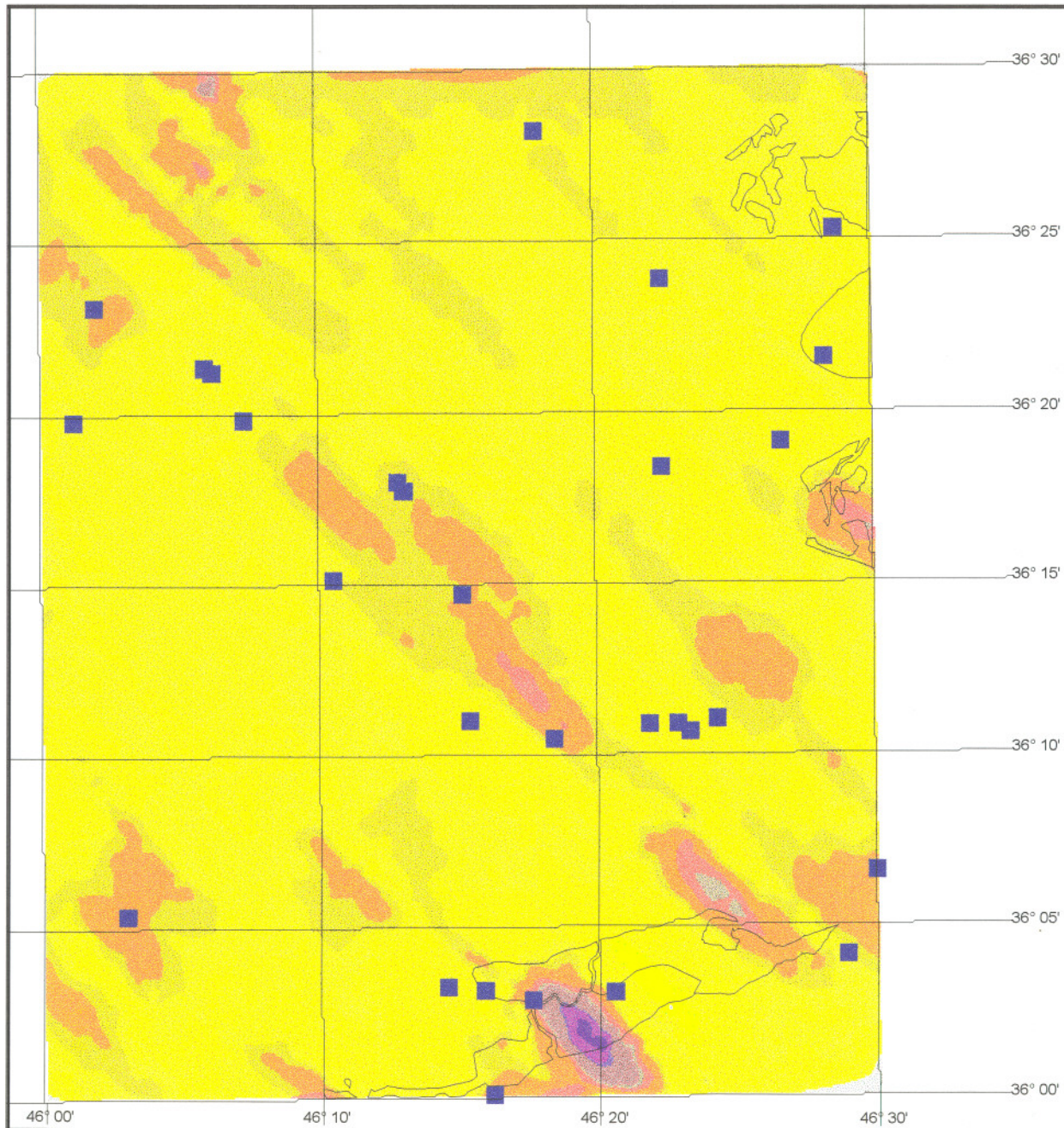
■ Metallic Deposit
1st derivativ of magnetic



Scale 1 : 350000



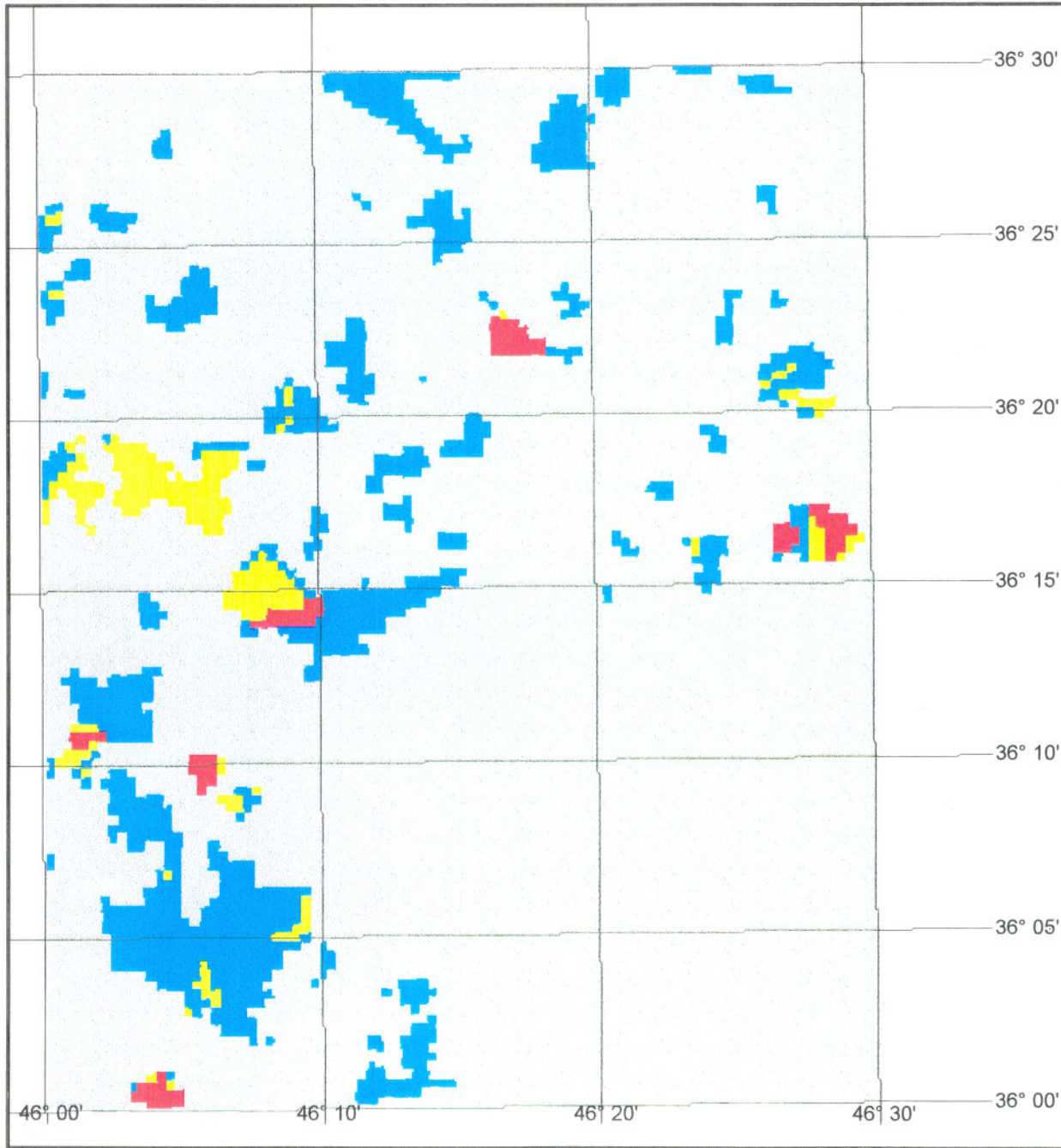
GIS GROUP



۵-۱-۲- داده‌های ژئوشیمی اکتشافی

متأسفانه به علت وجود اختلافاتی در نحوه طراحی نمونه برداری‌های ژئوشیمیایی و آنالیز عناصر عدم هماهنگی‌هایی بین یک و سه ورقه ۱:۵۰,۰۰۰ سقز و سه ورقه (برده زرد- شهری کند-بله جر) وجود دارد که مشکلات بی شماری برای بخش اکتشافات ژئوشیمیایی در مطالعه و تجزیه و تحلیل آنالیزهای انجام گرفته، پدید آورده است. به این علت آنها از بین تمامی آنالیزهای موجود مجبور به انتخاب عناصری شدند که از مشکلات کمتری برخوردار بودند، که می‌توان عناصر Sr, Cu, B, Pb اکسیدهای Fe_2O_3 , MnO, P_2O_5 و فاکتور مجموعه عناصر $Co + Ni + V$ را نام برد. بخش اکتشافات ژئوشیمیایی اقدام به تهیه نقشه‌های توزیع عناصر و پارامترهای مشخص کننده آنومالی‌های عناصر و ترکیبات ذکر شده با روش‌های آماری مختلف شده است که تمامی نتایج آنها رقمی شده و وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی گردید.

البته مطالعه ژئوشیمیایی و کانی سنگین همچنان ادامه دارد که با اتمام این مطالعات، می‌توان آنها را نیز به بقیه اطلاعات موجود اضافه کرد و به این ترتیب اطلاعات را به هنگام ساخت و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی را مجدداً با اطلاعات تکمیل تر شده اجرا کرد.



P205

Enrichment Index(%)



Scale 1 : 350 000

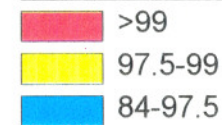


GIS Group



Fe2O3

Enrichment Index(%)



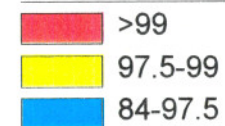
Scale 1 : 350 000



GIS Group

Sr

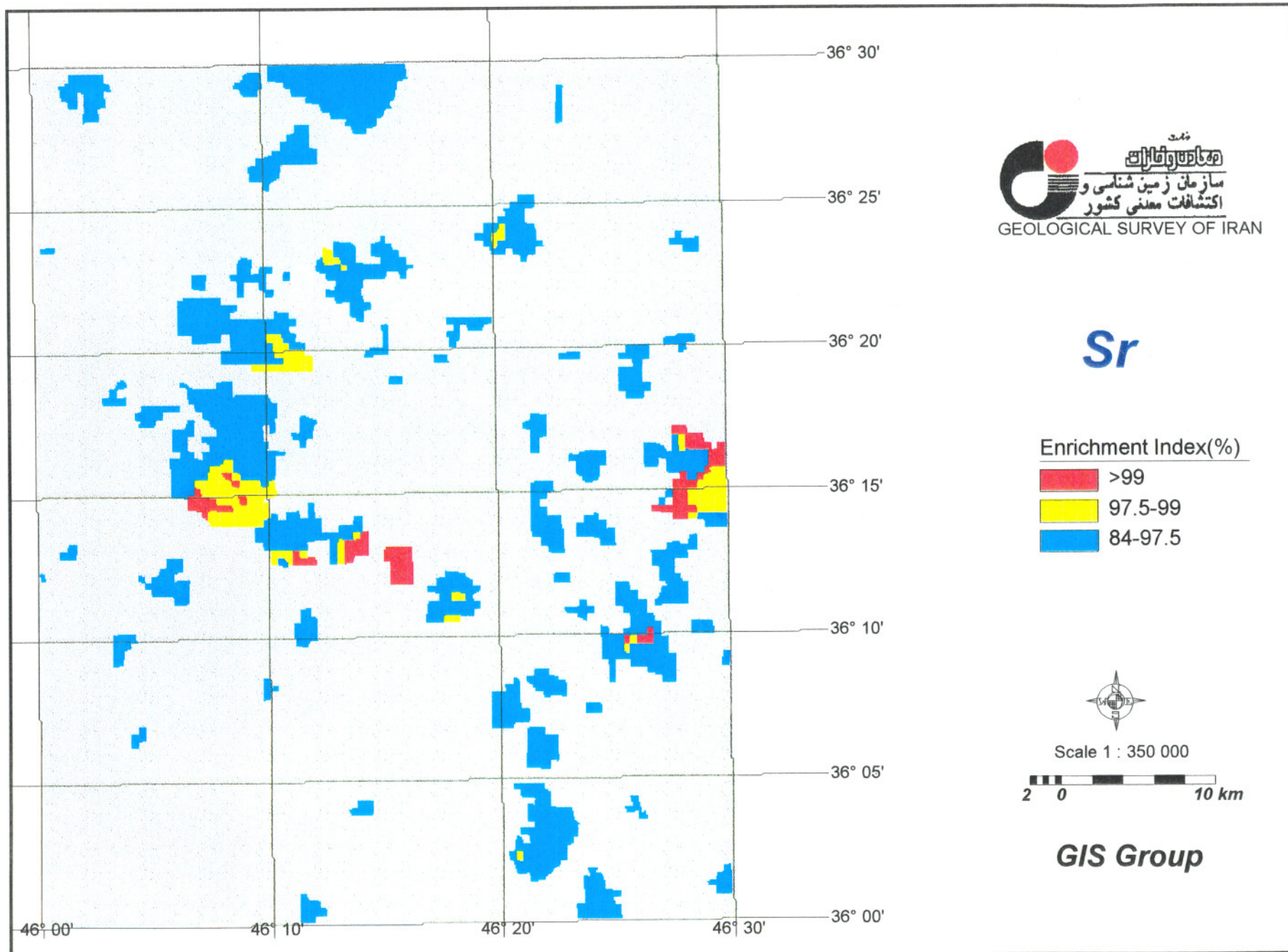
Enrichment Index(%)

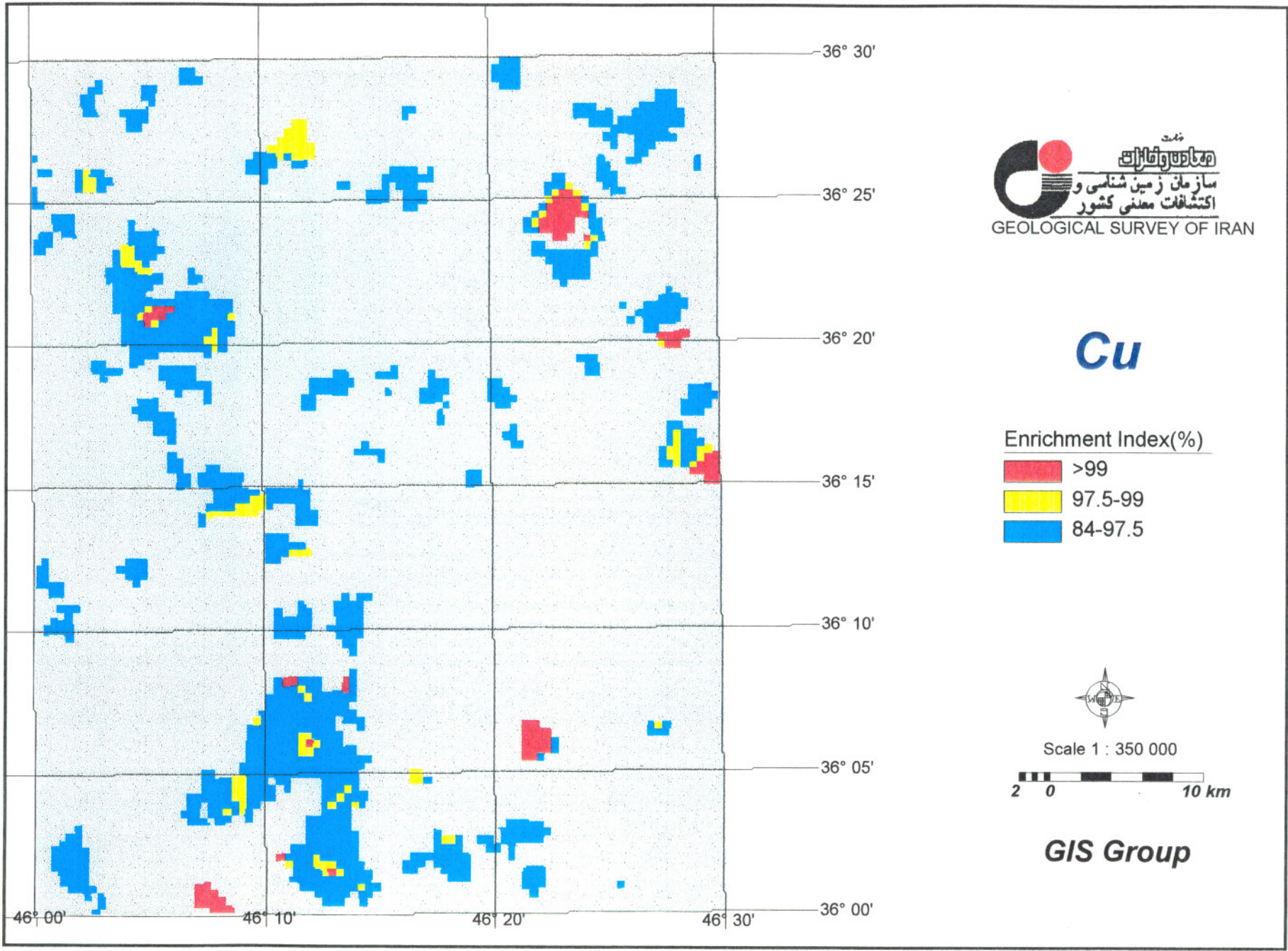


Scale 1 : 350 000



GIS Group





سازمان زمین شناسی و
اکتشافات معدنی کشور
GEOLOGICAL SURVEY OF IRAN

Cu

Enrichment Index(%)

- >99
- 97.5-99
- 84-97.5



Scale 1 : 350 000

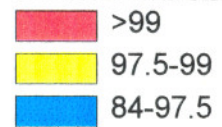


GIS Group

۱۲

Pb

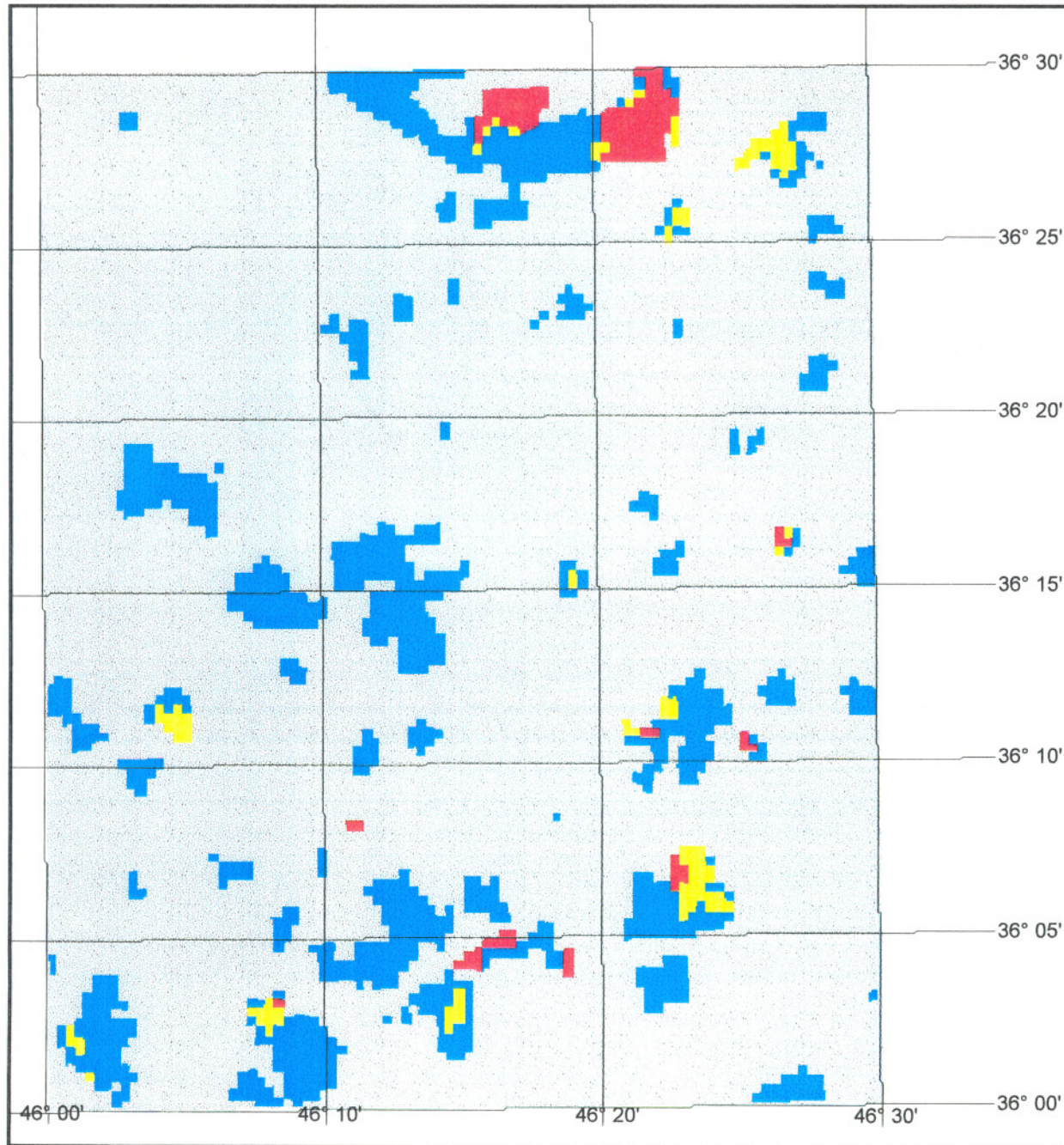
Enrichment Index(%)



Scale 1 : 350 000



GIS Group



B

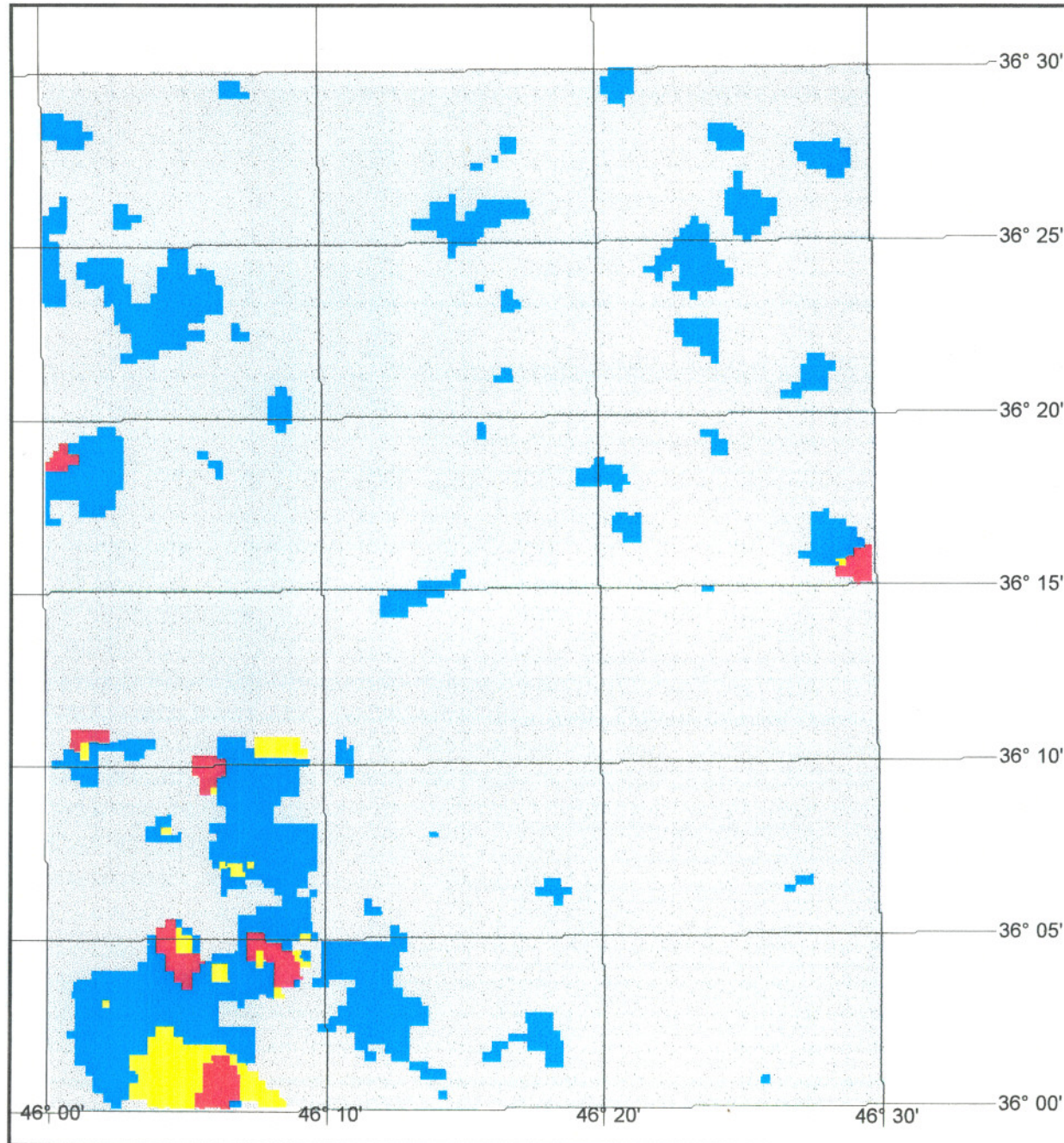
Enrichment Index(%)



Scale 1 : 350 000



GIS Group



Grid distribution of U values for (Pb)



GEOLOGICAL SURVEY OF IRAN

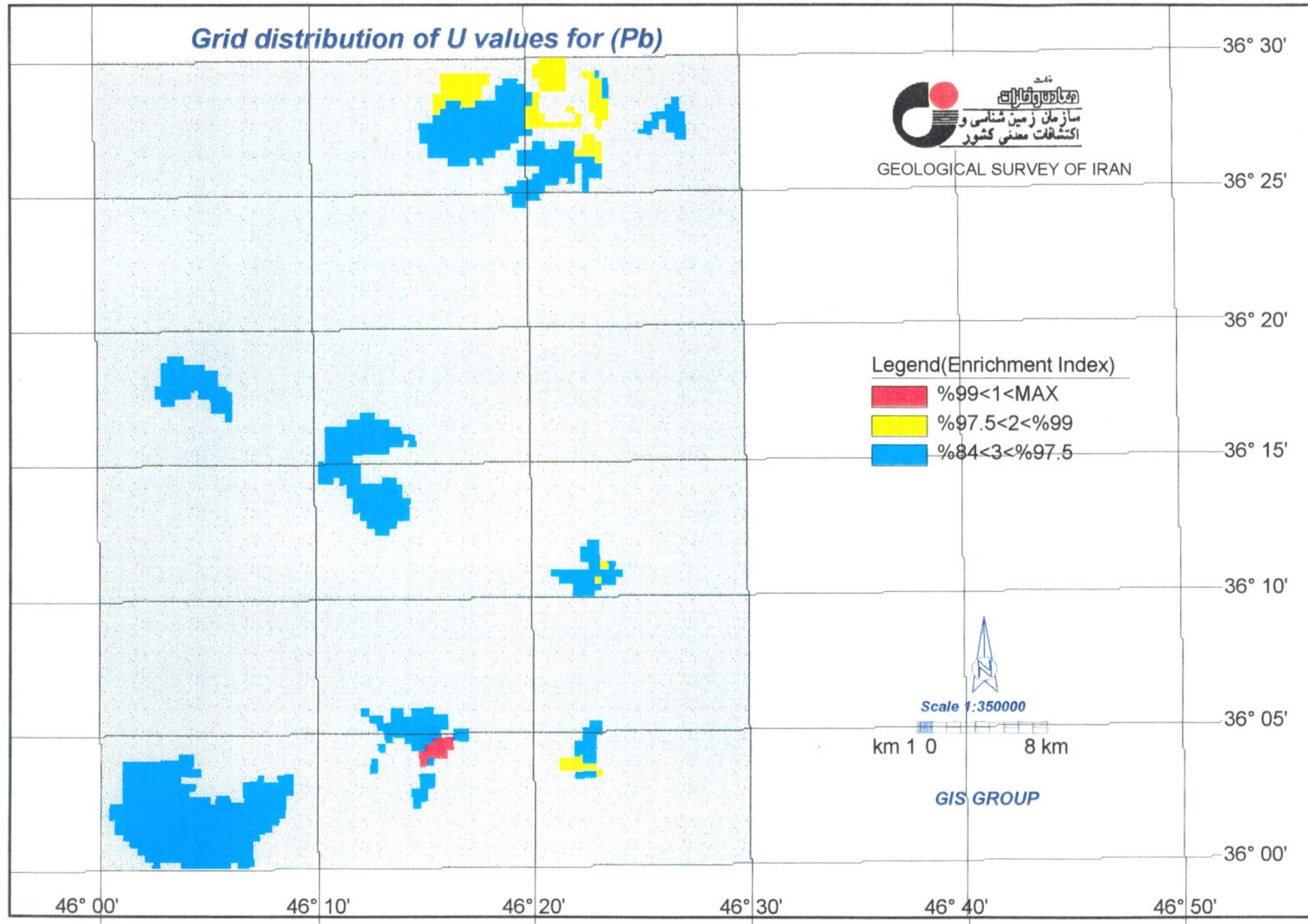
Legend(Enrichment Index)

- %99<1<MAX
- %97.5<2<%99
- %84<3<%97.5

Scale 1:350000



GIS GROUP



Grid distribution of U values for (Sr)



36° 30'

36° 25'

36° 20'

36° 15'

36° 10'

36° 05'

36° 00'

Enrichment Index(%)

- %99<1<MAX
- %97.5<2<%99
- %84<3<%97.5
- MIN<4<%84



Scale 1:350000

km 1 0 8 km

GIS GROUP

46° 00'

46° 10'

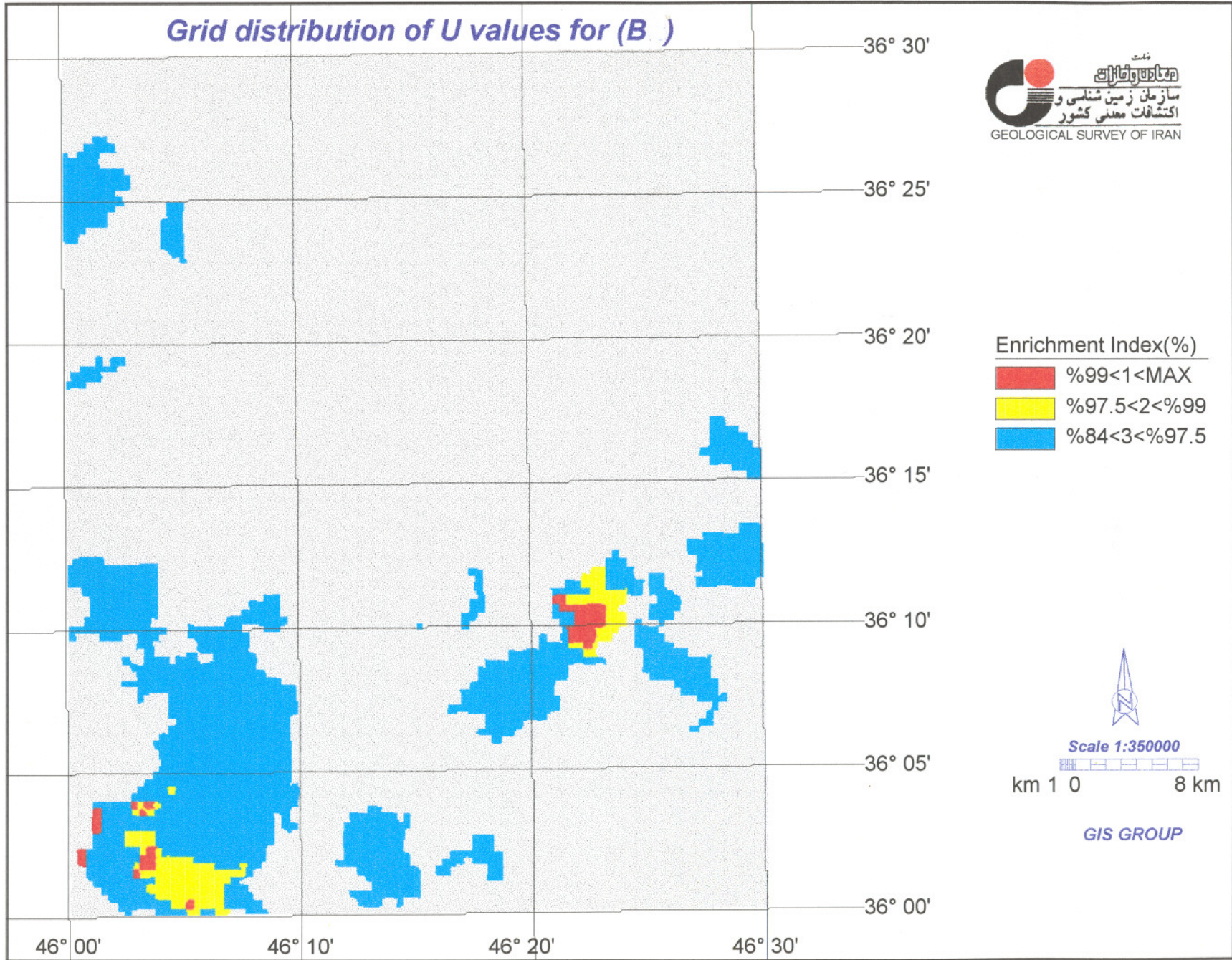
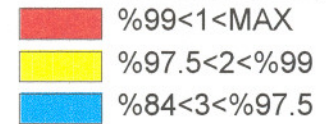
46° 20'

46° 30'

Grid distribution of U values for (B)



Enrichment Index(%)

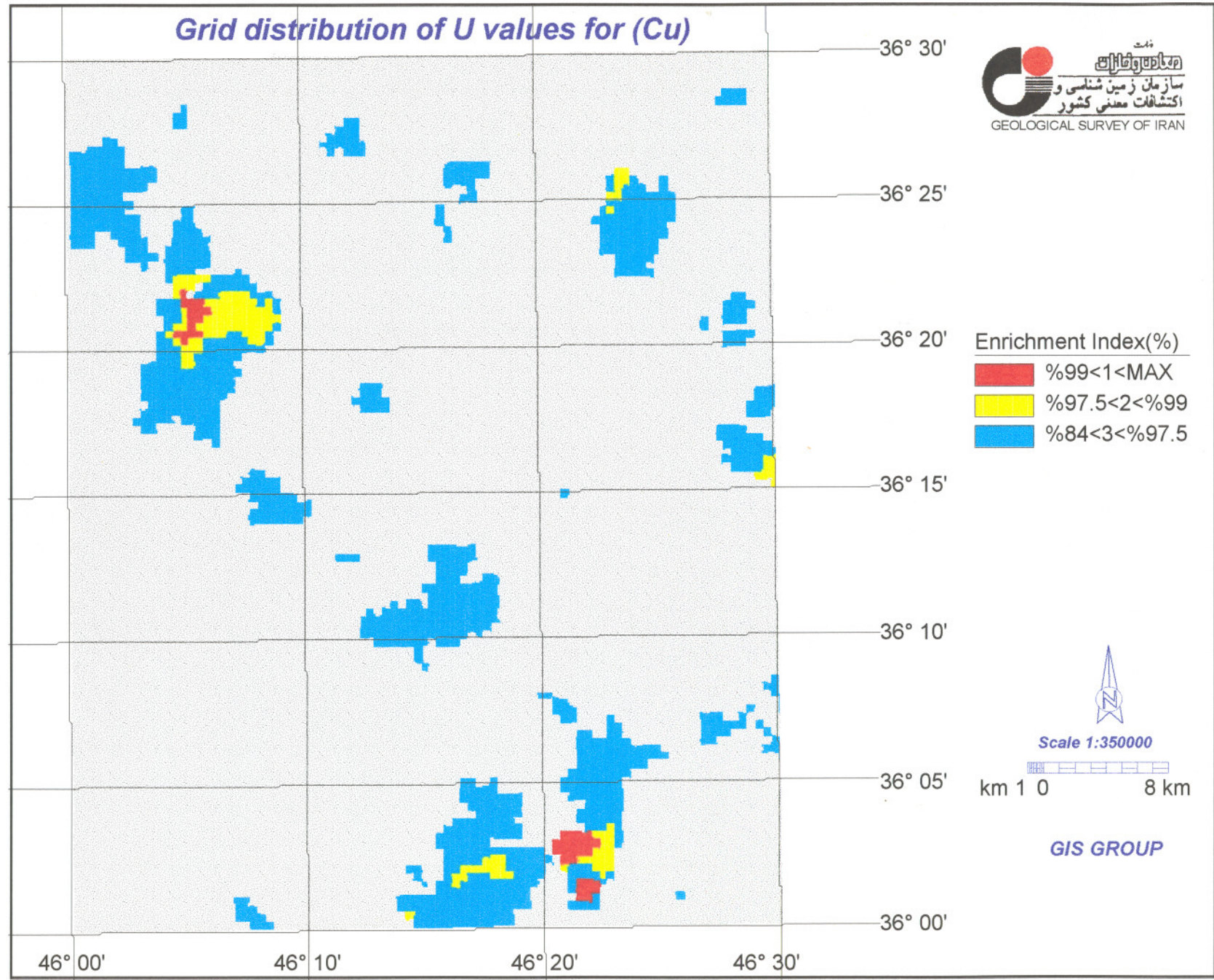
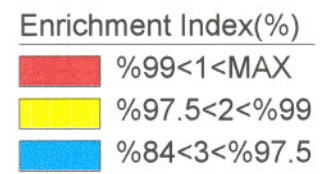


Scale 1:350000



GIS GROUP

Grid distribution of U values for (Cu)

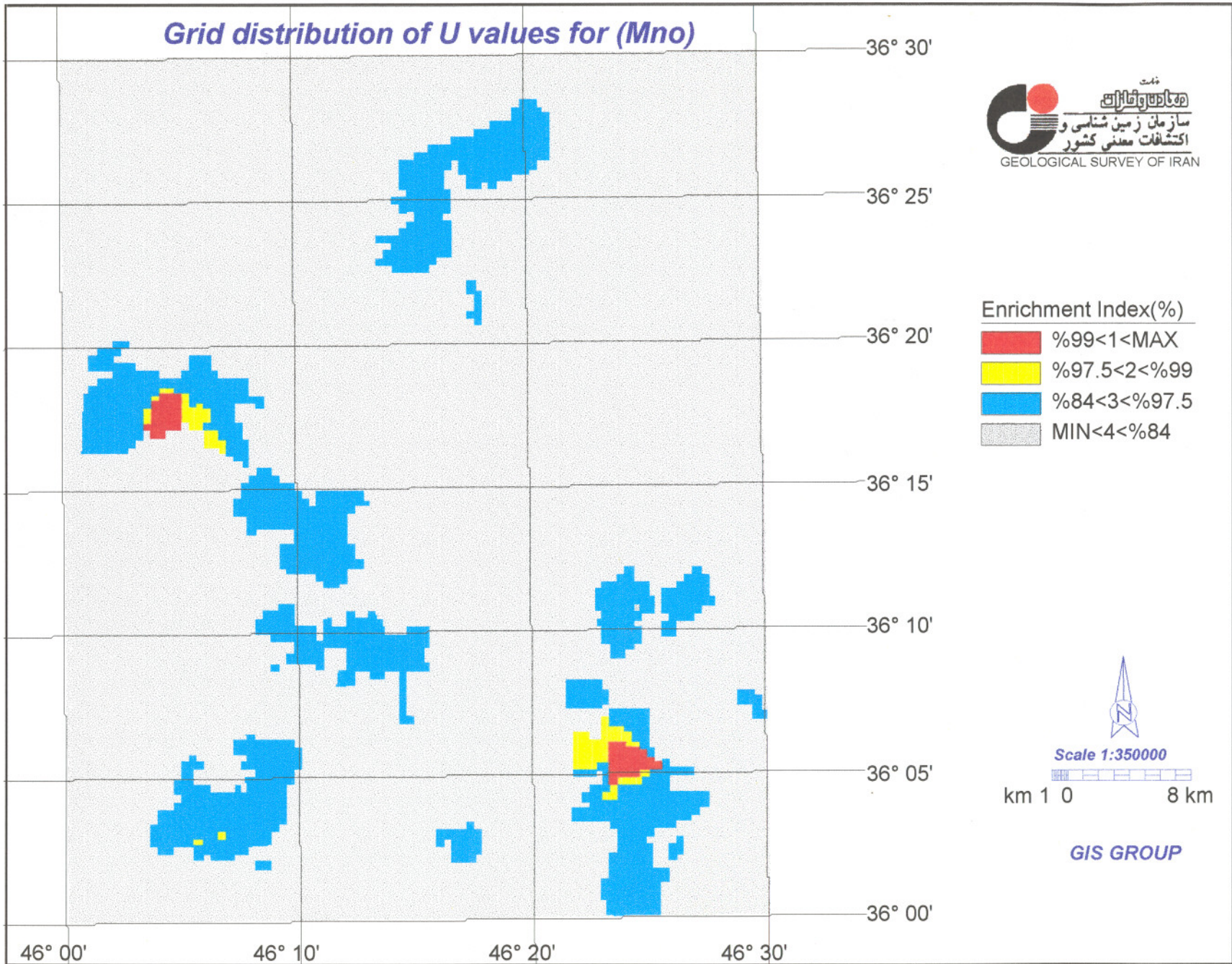


Grid distribution of U values for (Mno)



Enrichment Index(%)

- %99<1<MAX
- %97.5<2<%99
- %84<3<%97.5
- MIN<4<%84



Grid distribution of U values for (P2O5)



Enrichment Index(%)

- %99<1<MAX
- %97.5<2<%99
- %84<3<%97.5
- %MIN<4<%84

36° 30'
36° 25'
36° 20'
36° 15'
36° 10'
36° 05'
36° 00'

46° 00' 46° 10' 46° 20' 46° 30'

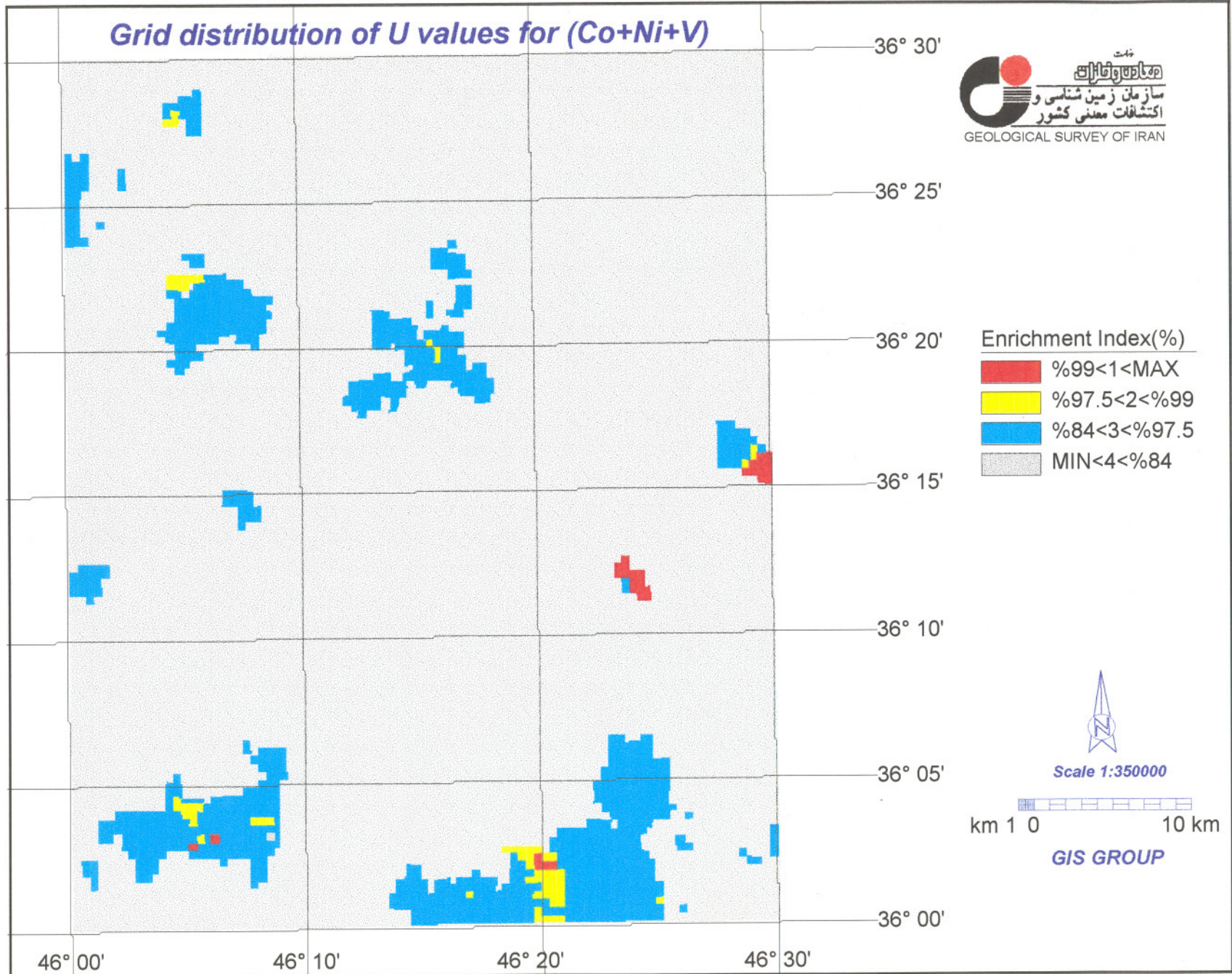


Scale 1:350000



GIS GROUP

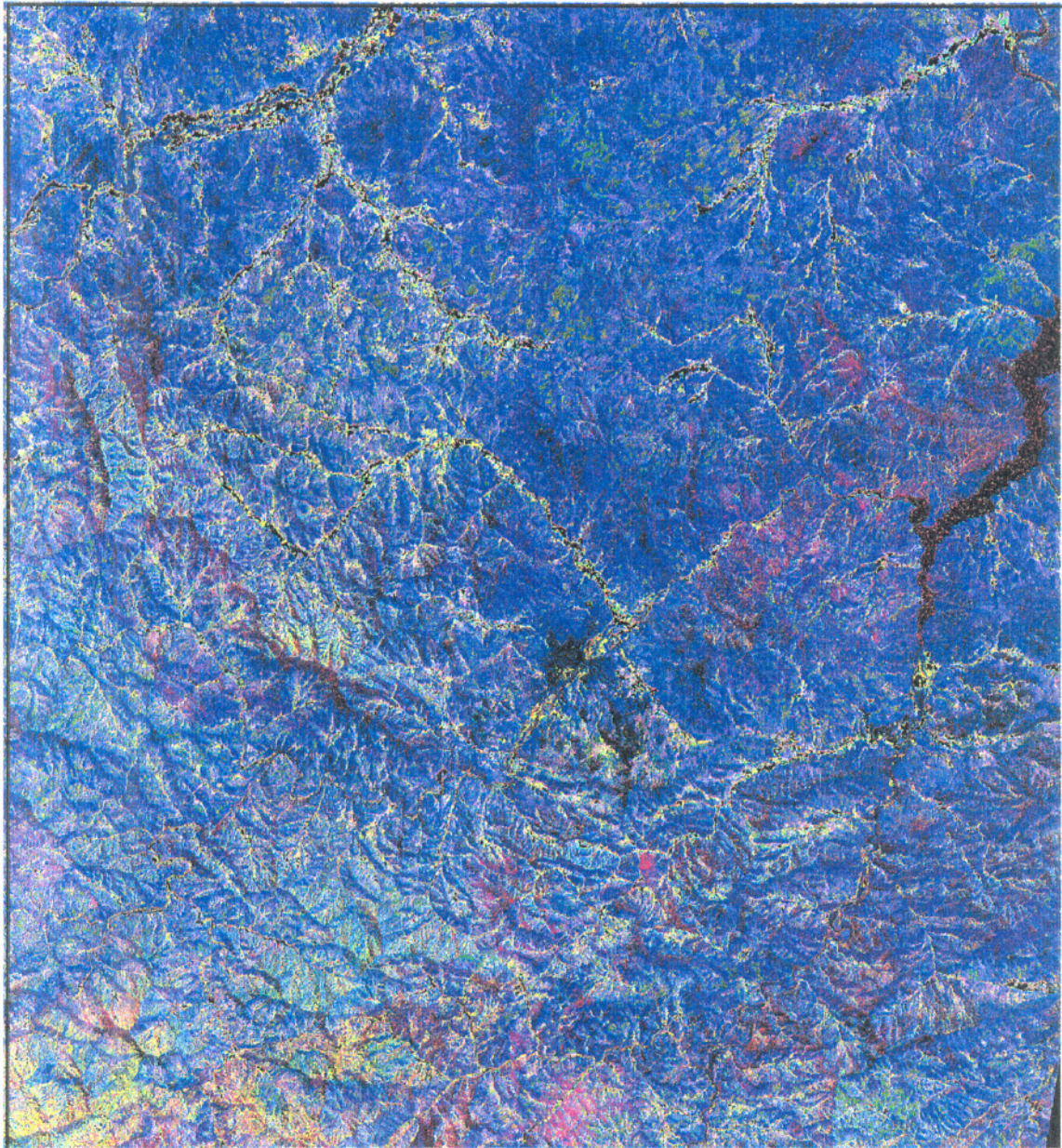
Grid distribution of U values for (Co+Ni+V)



۶-۱-۲- داده‌های دورسنجی

امروز داده‌های رقومی ماهواره ای بعنوان وسیله مؤثری در زمینه تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی، تعیین دقیق محدوده واحدهای سنگی، بررسی‌های زمین ساخت، شناخت مناطق آلتزه و در پی آن اکتشاف مواد معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

از جمله داده‌هایی که در این منطقه از آنها استفاده شد می‌توان به تصاویر پردازش شده باندهای لندست TM اشاره نمود. در تهیه تصویر پردازش شده ماهواره‌ای بخش دورسنجی سازمان زمین‌شناسی کشور از نسبت‌های $\frac{\text{باند ۵}}{\text{باند ۷}}$ که عموماً معرف نواحی با کانی‌های رسی (و پوشش گیاهی) و مثبت $\frac{\text{باند ۲}}{\text{باند ۱}}$ که می‌تواند عموماً معرف نواحی با کانی‌های خانواده اکسیدهای آهن باشد، استفاده شده است.



STELLIT IMAGE
ALTERATION



Scale 1 : 350 000



۲-۲- برداشش داده ها و تهیه نقشه‌های نشانگر

یکی از بخش‌های مهم یک پروژه GIS تصمیم‌گیری و انتخاب راه و روش‌های صحیح برای نحوه برداشش داده‌ها به منظور بدست آوردن نقشه‌های نشانگر است. بنابراین هر چه این نقشه‌های نشانگر با دقت بیشتر و یا روش‌های آماری مناسبتری تهیه شود در نهایت نقشه تلفیقی (نقشه پتانسیل معدنی با الویت‌بندی) دقیق‌تری بدست خواهد آمد.

۱-۲-۲- نقشه‌های زمین‌شناسی نشانگر

نقشه زمین‌شناسی ملاک و مبنایی برای مقایسه نحوه توزیع مکانی اندیس‌های معدنی فلزی کشف شده با واحدهای زمین‌شناسی موجود در ناحیه قرار گرفته است. همچنین محل‌های تماس و توزیع توده‌های نفوذی از مناطق با اهمیت و به عنوان نشانگری بالقوه برای کانی‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از این روش‌ها استفاده از روش وزن‌های نشانگر (۱) است که در صفحات بعدی توضیح داده شده است.

واحدهای زمین‌شناسی که بیشترین ارتباط را با توزیع مکانی اندیس‌های فلزی شناخته شده دارند، بصورت وزن دار مشخص می‌شود که می‌توان آنها را جدا کرده و پس از حذف سایر واحدهای زمین‌شناسی نقشه زمین‌شناسی بصورت نقشه نشانگر زمین‌شناسی در می‌آید.

از طرف دیگر طبق مشاهدات زمین‌شناسان منطقه با علم به اینکه برونزد وسیع سنگ‌های آذرین نفوذی اسیدی در این ناحیه و وجود هاله‌های دگرسانی در مجاورت سنگ‌های رسوبی

(عمدتاً آهکی) موقعیت ممتازی را برای احتمال حضور کانی سازی فراهم آورده است، محل کنتاکت‌های مورد نظر را از نقشه زمین شناسی جدا شده و اطراف آنها تمامی واحدهای جدا شده و نتیجه گیری شده را بصورت نقشه‌های با کلاس دوتایی (۱) در آورده که در مرحله تلفیق و ترکیب با نقشه‌های نشانگر دیگر مورد استفاده قرار گرفته است.

بنابراین دو نقشه نشانگر مربوط به نقشه‌های موجود زمین شناسی عبارتند از واحدهای لیتولوژیکی که بیشترین ارتباط را با اندیس‌های معدنی نشان می‌دهند و دیگری نواحی مجاور کنتاکت‌های توده‌های پلوتونیک با سنگهای رسوبی منطقه.

GEOLOGICAL SURVEY OF IRAN

Binary Map of Geology

Spatial Association

- Low
- High

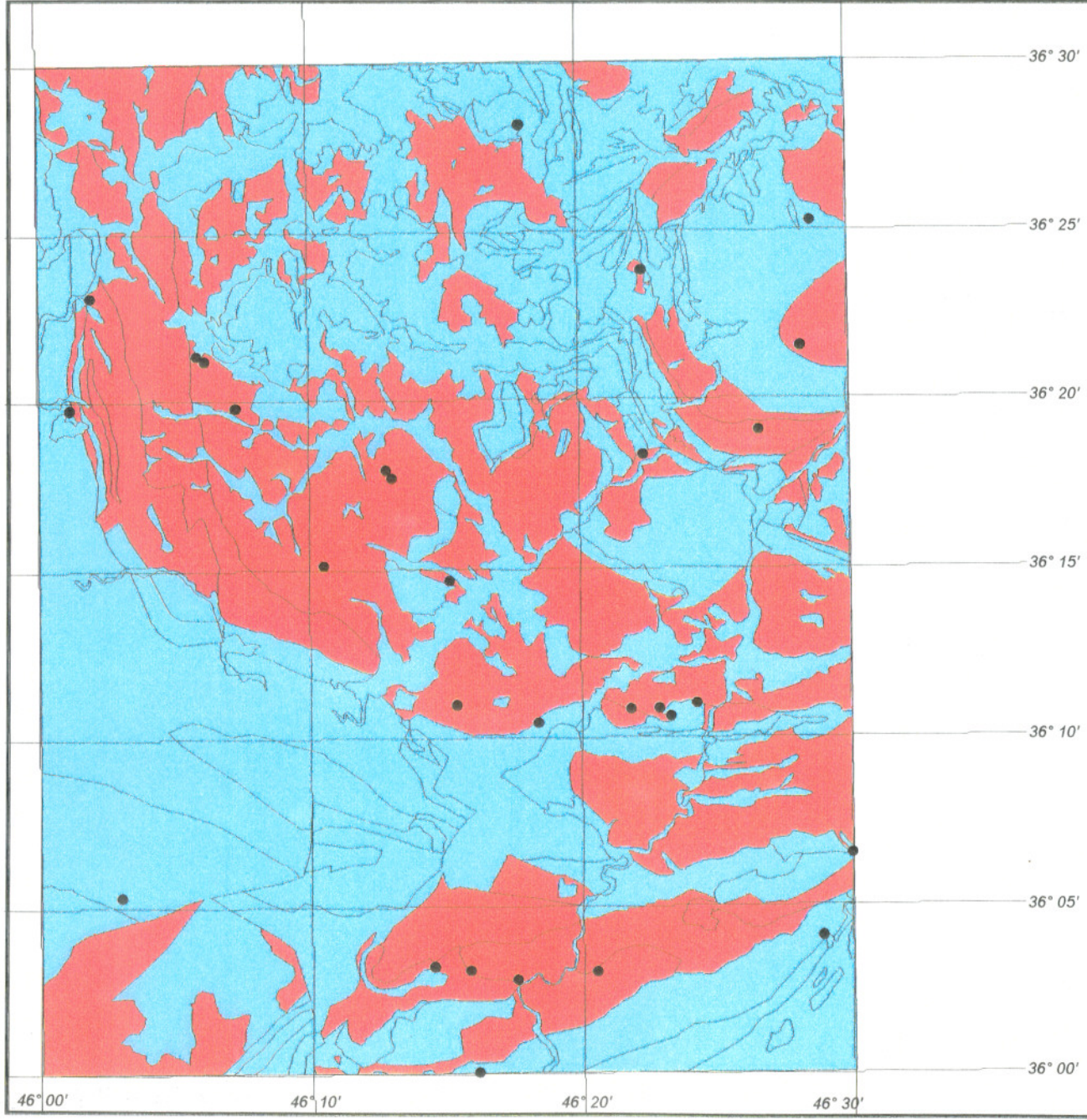
- Metallic Deposit Showings
- Geological Contact



Scale 1 : 350 000

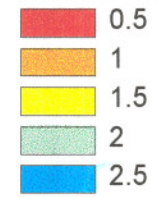


GIS Group



Buffers
 around
 Plutonic Intrusions

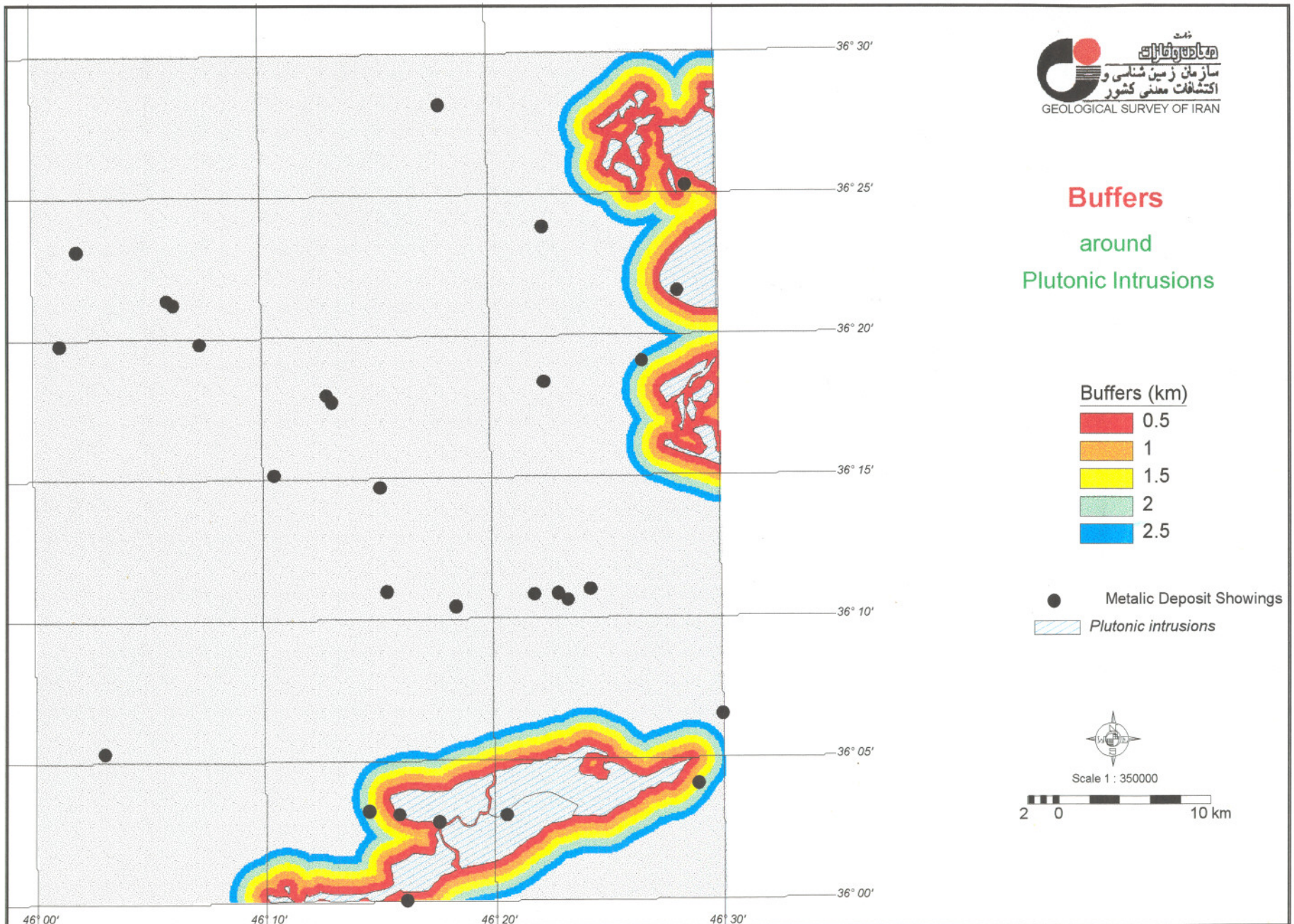
Buffers (km)



- Metallic Deposit Showings
- ▨ Plutonic intrusions







Scale 1 : 350000



GEOLOGICAL SURVEY OF IRAN

Binary map of Buffers around Plutonic Intrusions

Legend

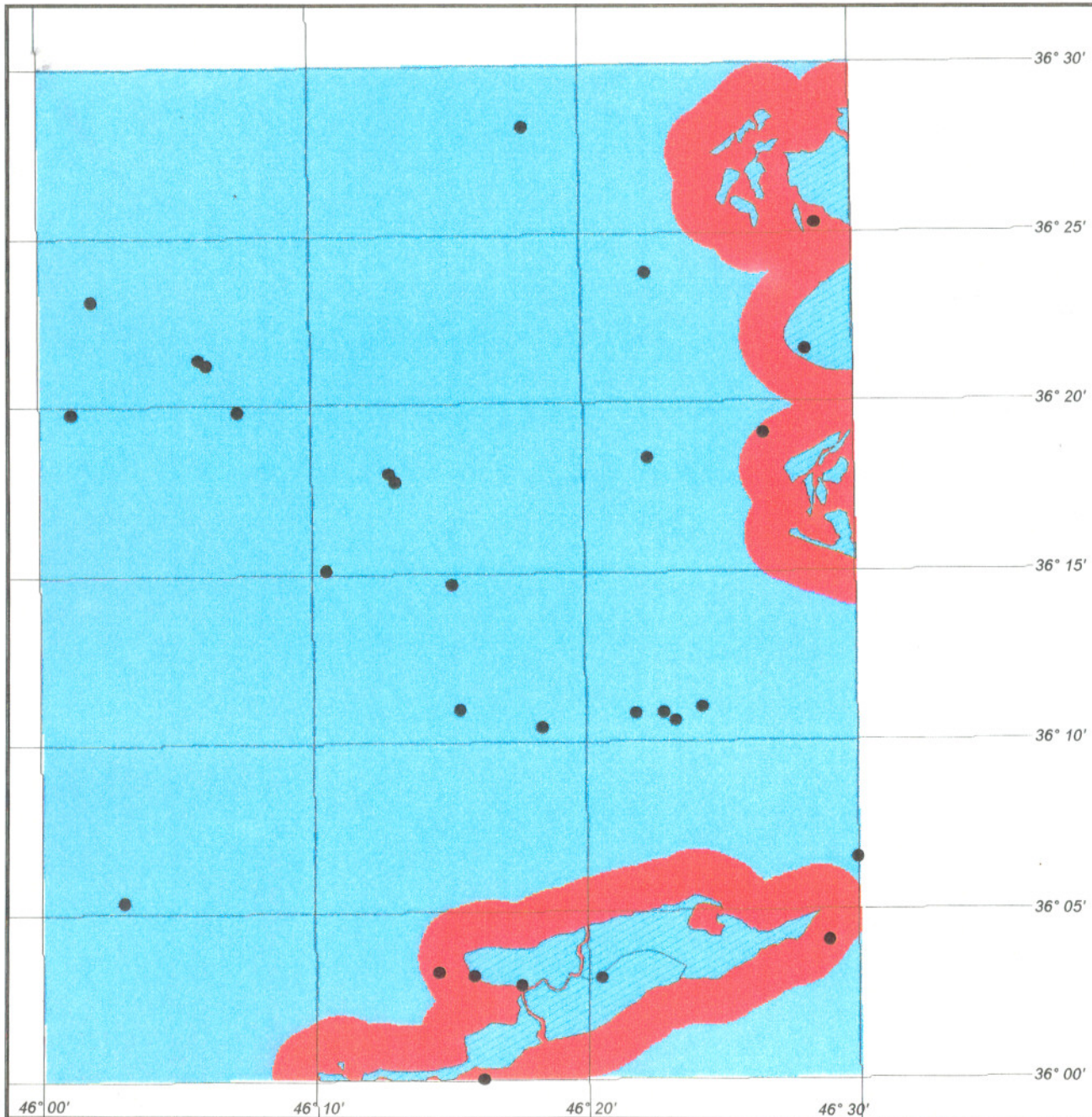
-  Away from Plutonic Intrusions
-  Close to Plutonic Intrusions
-  Plutonic intrusions
-  Metallic Deposit Showings



Scale 1 : 350 000



GIS Group

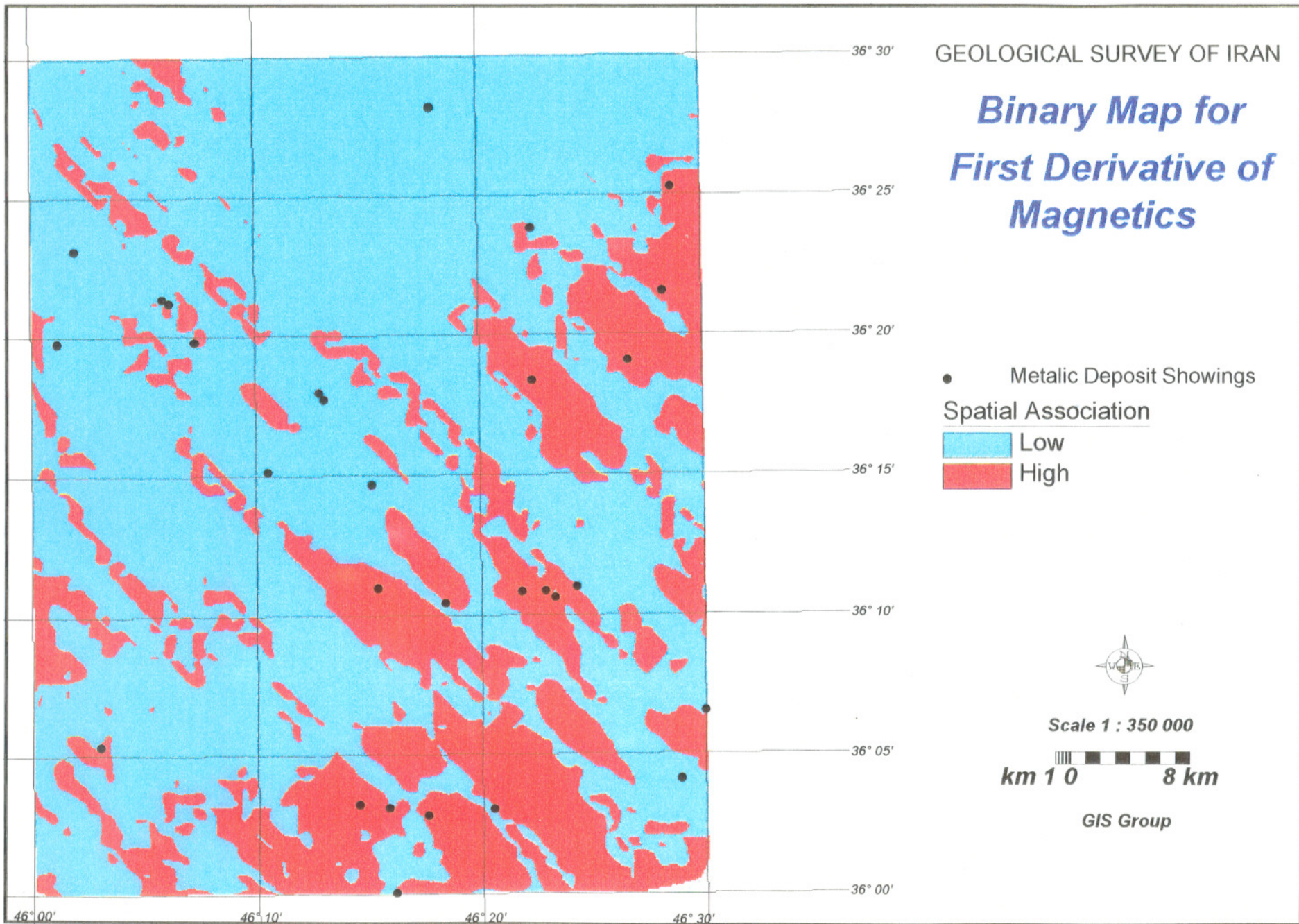


۲-۲-۲ - نقشه‌های نشانگر ژئوفیزیک

انواع روش‌های ژئوفیزیک برای اندازه‌گیری خواص مختلف فیزیکی سنگ‌های بکار می‌رود. روش مغناطیس‌سنجی از جمله یکی از روش‌هایی است که منشأ آن طبیعی بوده و ناشی از تأثیر میدان مغناطیسی زمین بر روی واحدهای لیتولوژیکی می‌باشد که در این چهارگوش مورد استفاده قرار گرفته است. با فراهم بودن پیشرفته‌ترین تکنولوژی سخت‌افزاری و نرم‌افزاری و متخصصین مجرب با پردازش داده‌ها قادر به ارائه نقشه‌های ژئوفیزیکی مختلف از جمله شدت کل میدان مغناطیسی ناحیه، باقیمانده، برگردان به قطب مشتق اول و دوم قائم، گسترش به طرف بالا، گسترش به طرف پائین، همچنین نقشه‌های مدلسازی و تعیین شکل توده نفوذی، عمق سطح بالایی، ضخامت، شیب و چگالی بر اساس مدل ریاضی منطبق بر داده‌ها هستند.

با استفاده از روش وزن‌های نشانگر که قبلاً توضیح داده شد از میان داده‌های بالا، داده‌ها با مشتق اول مغناطیسی بیشترین وزن را بدست آورد و بیشترین مناطق بی‌هنجار همانگونه که قبلاً هم اشاره گردید مربوط به توده نفوذی حاوی اسکارن است که این زون اسکارنی حاوی کانی‌مگنتیت است. این نقشه هم بصورت نقشه باکلاس دوتایی درآمد و بعنوان یکی از نقشه‌های نشانگر مورد استفاده قرار گرفت.

توده‌های نفوذی کم عمق تفسیر شده از ژئوفیزیک در چهارگوش سقز هم بصورت نقشه دوتایی درآمد. نهایتاً با استفاده از تمامی اطلاعات ژئوفیزیک دو نقشه نشانگر مشتق اول میدان مغناطیس و توده‌های نفوذی کم عمق تفسیر شده تهیه شد.



Combination of 2.5 km Buffer
Zones Around Mapped Plutons
& Shallow Depth Intrusions

Legend

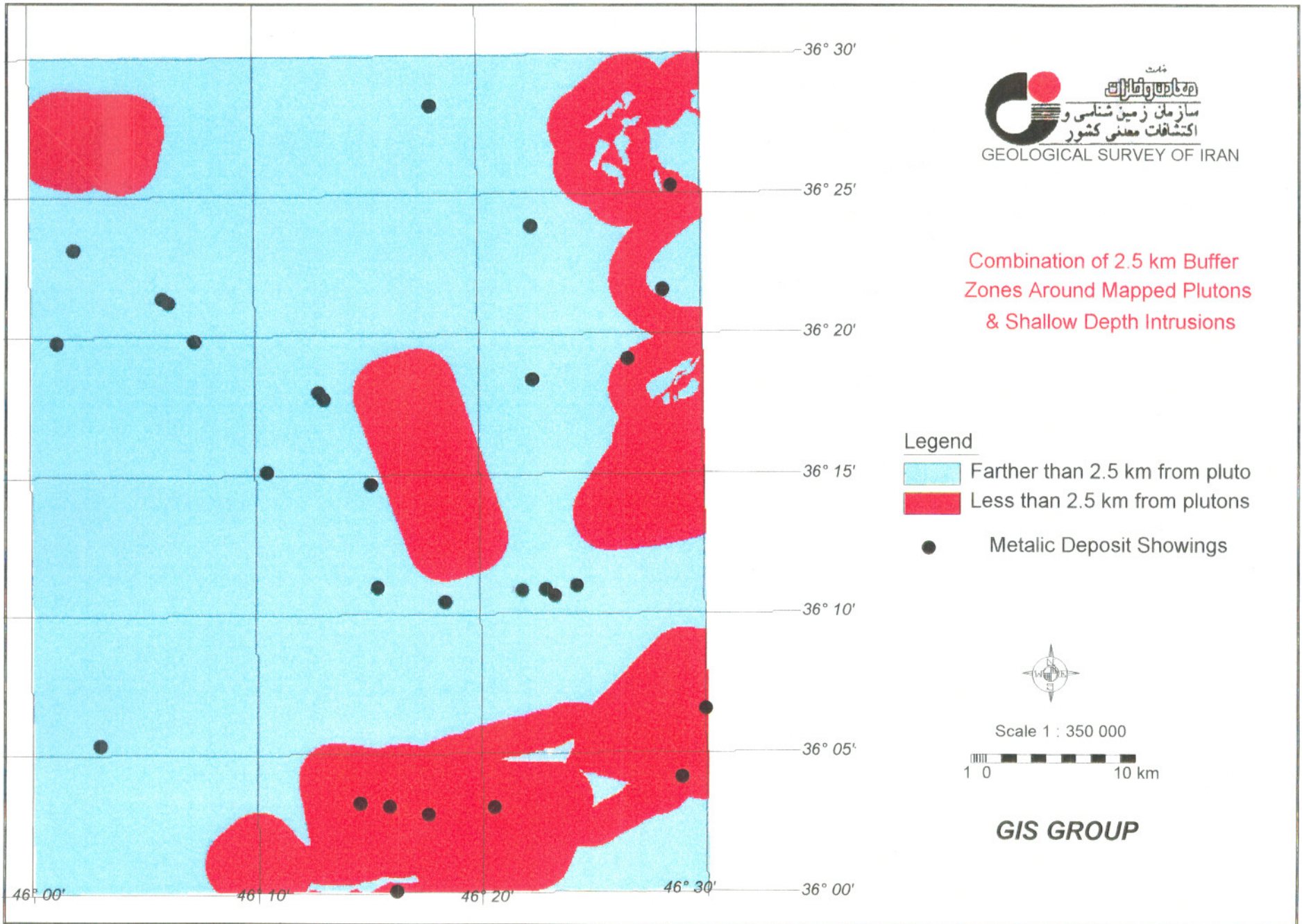
- Farther than 2.5 km from pluto
- Less than 2.5 km from plutons
- Metalic Deposit Showings



Scale 1 : 350 000



GIS GROUP



۳-۲-۲- نقشه‌های نشانگر ژئوشیمیایی

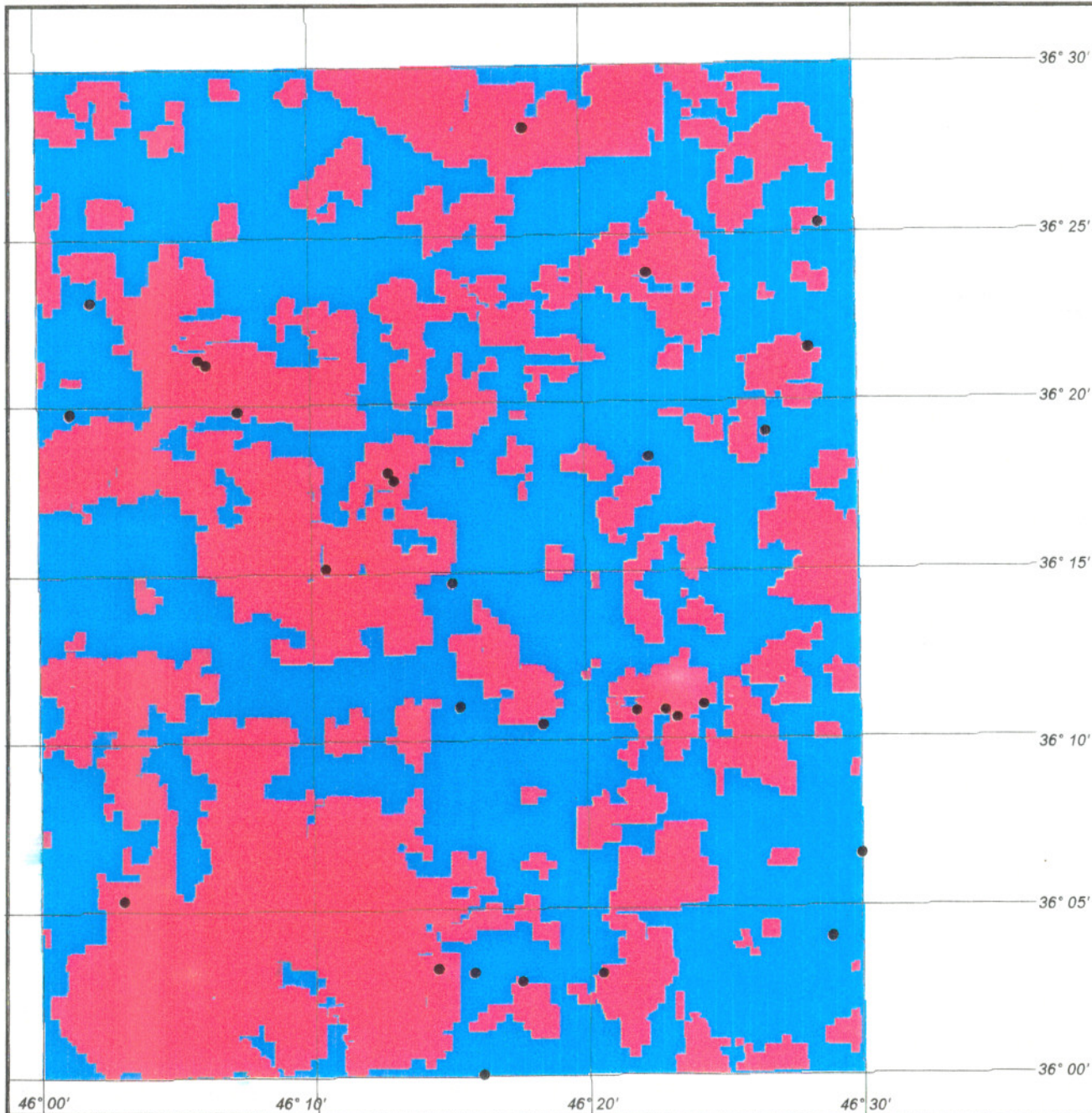
مدل سازی آنومالی‌های ژئوشیمیایی یکی از مهمترین موضوعاتی است که در دهه گذشته در زمینه اکتشافات ژئوشیمیایی مطرح شده است و بسرعت مسیر تحول خود را می‌گذراند. اطلاعات ژئوشیمیایی که با استفاده از روش‌های آماری و مدل سازی‌های جدید در اکتشافات ژئوشیمیایی بدست آمده بودند، به صورت نقشه توزیع عناصر و ترکیبات وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی شدند. این لایه‌های اطلاعاتی، کلاس‌های بالای همه این نقشه‌ها با روش OR منطقی به یک نقشه نشانگر دوتایی ژئوشیمیایی تبدیل شد.

GEOLOGICAL SURVEY OF IRAN

Binary Map of Geochemical Factor

Legend

-  Uninterested Areas
-  Interested Areas by logical OR
-  Metallic Deposit Showings



Scale 1 : 350 000



GIS Group

Binary Map of U values

Legend

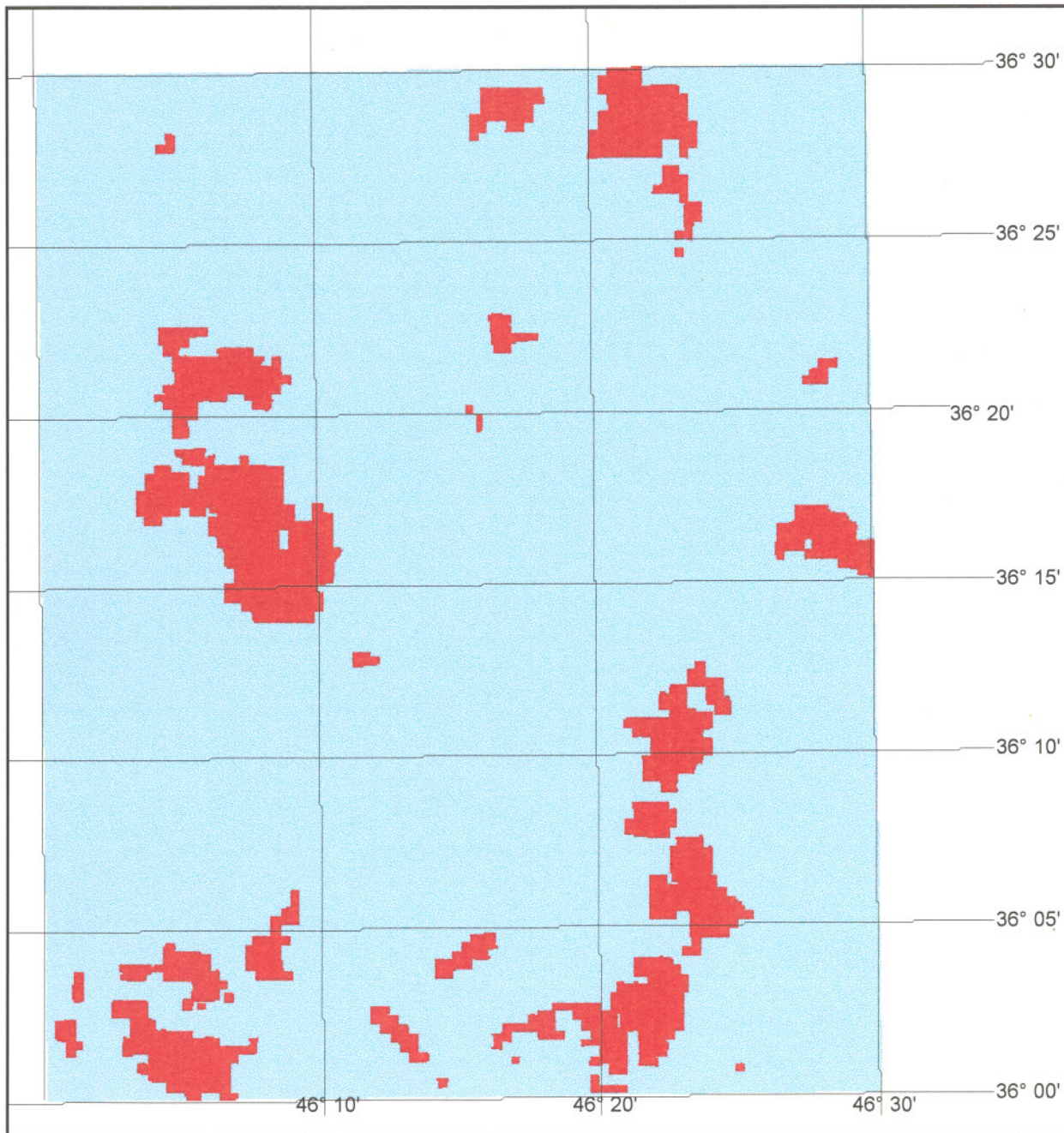
- Low
- High



Scale 1 : 350 000



GIS GROUP



*Binary Map of
Areas of High Potential for
Alteration from LANDSAT TM*

Legend

- Low
- High



GIS GROUP

۴-۲-۲- نقشه های نشانگر دورسنجی

کلاس‌های بالای تصویر پردازش شده لندست (TM) که بالقوه می‌تواند معرف نواحی آلتزه شده باشد ارتباطی با توزیع مکانی اندیس‌های معدنی فلزی شناخته شده در ناحیه نشان می‌دهند. بنابراین تصویر معرف نواحی بالقوه آلتزه شده نقشه دوتایی نشانگر در آورده و آماده تلفیق شد.

۵-۲-۲- نقشه نشانگر تکتونیکی

توزیع فضائی کسل‌ها و آثار خطی تکتونیکی مشتق شده از نقشه زمین‌شناسی، نقشه ژئوفیزیک هوایی و داده‌های دورسنجی همگی با هم تلفیق شده و بصورت یک نقشه کلی از شکستگی‌ها و کسل‌های منطقه در آمد. با استفاده از روش بافر کردن مناطق مجاور کسل‌ها مشخص شدند که در نهایت آن هم بصورت نقشه با کلاس دوتائی نشانگر در آمده و آماده تلفیق با تمامی نقشه‌های نشانگر دیگر شده است.

Buffers Around Faults

Proximity to Faults (m)

- 100
- 100-250
- 250-500
- 500-750
- 750-1000

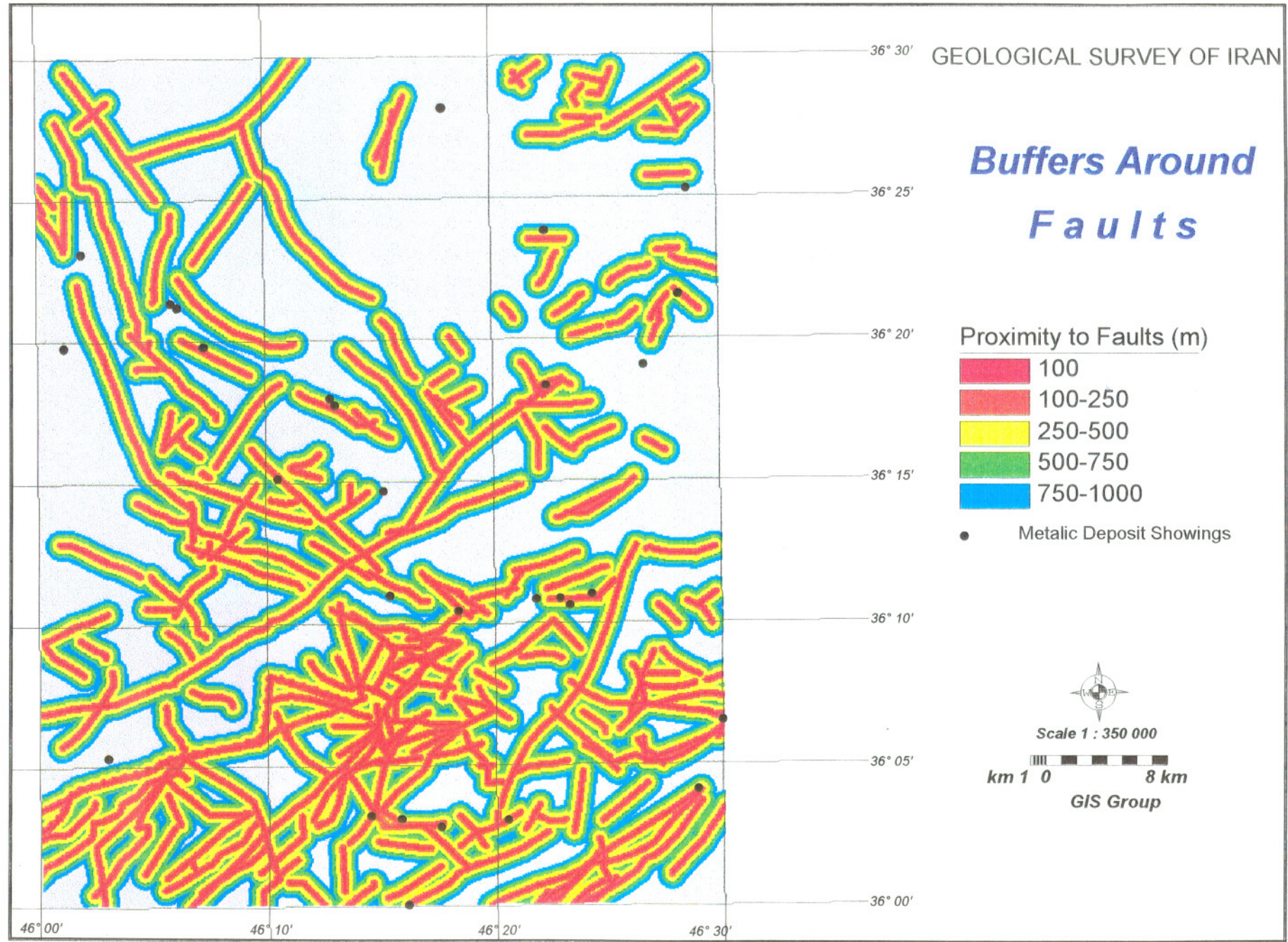
● Metallic Deposit Showings



Scale 1 : 350 000



GIS Group

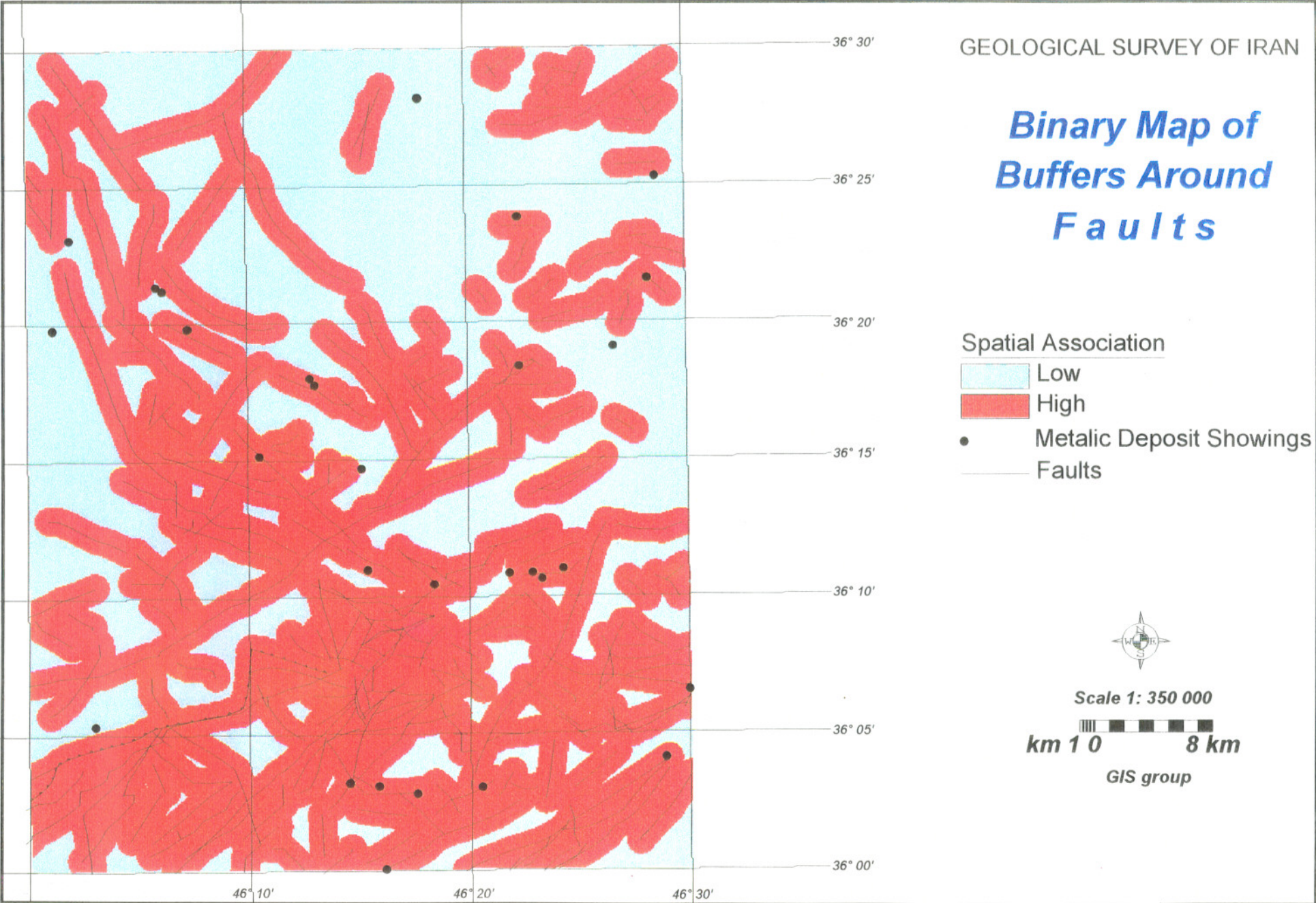


GEOLOGICAL SURVEY OF IRAN

Binary Map of Buffers Around Faults

Spatial Association

- Low
- High
- Metalic Deposit Showings
- Faults



۳-۲- ترکیب و تلفیق نقشه‌های نشانگر بر مبنای مدل انتخابی و تهیه نقشه پتانسیل معدنی با

الویت بندی

فرق عمده سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی با سیستم‌های کارتوگرافی کامپیوتری، قابلیت‌های این سیستم در ترکیب داده‌های مکانی به منظور پاسخگویی به مسائل ویژه است. بعضی قابلیت‌ها مثل آنهایی که برای ممیز کردن یا به روز کردن داده‌ها یا برای تغییر مقیاس‌ها یا تصویرها ضروری است، در دو سیستم اطلاعات جغرافیایی و کارتوگرافی کامپیوتری وجود دارد. در عین حال، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی قابلیت‌های تحلیلی گسترده‌تری دارند که قادر خواهند بود بر جنبه‌های مکانی با توپولوژی داده‌های زمینی، در توصیف‌های غیر مکانی این داده‌ها یا بر روی ترکیب توصیف‌های غیر مکانی و مکانی عمل کنند. این قابلیت‌ها تحلیل در بیشتر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به نحوی ارائه شده است که کاربر می‌تواند بطور متقابل برای انجام تجزیه و ترکیب مورد نیاز خود با آنها کار کند.

هدف نهایی در اکثر پروژه‌های سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، ترکیب داده‌های مختلف از منابع گوناگون به منظور توصیف، آنالیز پدیده‌ها یا ایجاد نقشه‌هایی جدید است که می‌توانند نهایتاً در تصمیم‌گیری‌ها مورد استفاده قرار گیرند. تهیه نقشه‌های پتانسیل مواد معدنی یا نقشه‌های با درجه بندی برای درجه مناسب بودن محل احداث سازه یا اجرای پروژه‌هایی مثل نیروگاه، سد، دفن زباله‌ها، عبور خط لوله، انتقال نیرو، توسعه شهری ۰۰۰ مثال‌هایی از مواردی است که نیاز به ترکیب لایه‌های اطلاعاتی مختلف برای رسیدن به یک نقشه نهایی

وجود دارد. در اینگونه مسائل هدف همواره تعیین بهترین مکانهایی است که شرایط موردنظر در مورد آنها صدق می‌کنند. در صورتیکه ملاک‌های مورد نظر حالتی قطعی (۱) داشته باشند، می‌توان از اپراتورهای منطق بولی (۲) برای ترکیب نقشه‌های ورودی استفاده کرد و به نقشه‌ای دوتایی رسید. در چنین مواردی چون از ملاک‌های قطعیت‌پذیر استفاده می‌شود، در هر مکان مشخص یا شرط خاصی وجود دارد (۱) یا ندارد (صفر) و هیچ حالت حد واسطی در نظر گرفته نمی‌شود. همچنین می‌توان از ملاک‌هایی وزن دار برای ارزیابی بخش‌های مختلف ناحیه مورد مطالعه استفاده کرد. در چنین حالتی نقشه حاصل بجای داشتن حالت دوتایی (حضور شرایط مورد نظر / عدم حضور آنها)، دارای یک رتبه‌بندی از نظر درجه مناسب بودن نواحی مختلف برای هدف مورد نظر، خواهد بود. برای مدل‌سازی و تهیه نقشه‌های پتانسیل مواد معدنی می‌بایستی بر اساس نقشه‌های مختلف علوم زمین، میزان مناسب بودن بخش‌های مختلف ناحیه مورد بررسی را محاسبه کرد و به نقشه درآورد. چنین پتانسیلی بر اساس وزن دادن و ترکیب نقشه‌های نشانگر بصورتی ساده یا بر اساس یک منطق یا روش ریاضی انجام می‌پذیرد.

وزن‌های لازم برای نسبت دادن به نقشه‌ها و کلاس‌های آنها یا بر اساس یک پیش‌مرحله آنالیز ارتباط محل کانسارهای شناخته شده ناحیه با کلاس‌های نقشه‌های مختلف انجام می‌گیرد، یا اینکه با استفاده از قضاوت متخصصین مربوط به هر شاخه علوم استفاده شده در نقشه‌های مختلف، تصمیم‌گیری می‌شود. بطور کلی در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، نحوه کلی انجام و اصول اجرای پروژه‌هایی که هدف تهیه نقشه پتانسیل مواد معدنی است، از

1- deterministic

2- Boolean logic

بسیاری جهات مشابه پروژه‌های تعیین بهترین مناطق برای اجرای پروژه‌های مختلف یا انتخاب محل تأسیس سازه و ۰۰۰ است.

مدل‌هایی که برای انتخاب محل اجرای پروژه‌ها یا تأسیس سازه و ۰۰۰ استفاده می‌شود معمولاً حالتی تجویزی (۱) دارند. بدان معنی که از قبل یک سری ملاک تا حد زیادی معین (مثلاً شرایط مناسب مهندسی) در مورد آنها وجود دارد که ممکن است ناشی از اصول فنی و مهندسی، اقتصادی یا اجتماعی باشد. در صورتیکه برای تهیه نقشه‌های پتانسیل مواد معدنی علاوه بر مدل‌های تجویزی، از مدل‌های پیش‌بینی (۲) کننده نیز استفاده می‌شود که خواص و مشخصات محلی کانسار یا کانسارهای مورد نظر در آنها منعکس می‌شود.

در بکارگیری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی برای تهیه نقشه پتانسیل معدنی، مدل‌های تهیه شده از کانسارها نقشی اساسی هم در انتخاب نوع نقشه‌های نشانگر و هم در وزن دادن به آنها ایفا می‌کنند. نسبت دادن وزن به نقشه‌های مختلف و کلاس‌های آنها را می‌توان با دو روش کلی تکیه به داده‌ها (۱) و تکیه بر نظر (۲) انجام داد.

نسبت دادن وزن‌ها را می‌توان با اجرای محاسبات با بررسی میزان ارتباط توزیع مکانی کانسارها و کانی‌سازی‌های شناخته و ثبت شده ناحیه با نقشه‌ها و کلاس‌های مختلف آنها بدست آورد که در این صورت استخراج وزن به عهده خود داده‌ها گذاشته می‌شود (روش تکیه بر داده‌ها). همچنین وزن‌های مورد نظر ممکن است صرفاً بر مبنای قضاوت، تجزیه یا نظر شخصی یا اشخاص متخصص علوم زمین انتخاب و تعیین شود (روش تکیه بر نظر). برای

1- Prescriptive

1- Data - driven

2- Predictive

2- Knowledge - driven

3- Logistic regression

اجرای هر یک از این رویه‌های معرفی شده در وزن دادن، روش‌های مختلفی وجود دارد. آنالیزهای رگرسیون لجستیکی (۳) و وزن‌های نشانگر مثال‌هایی از روش‌های متداول برای رویه تکیه بر داده است. برای رویه تکیه بر نظر نیز می‌توان از روش‌هایی مثل منطق فازی (۴) تقاطع شاخصی (۵) و ۰۰۰ استفاده کرد. در این بررسی، از روش‌های وزنه‌های نشانگر، رگرسیون لجستیکی و تقاطع شاخصی برای ترکیب نقشه‌های نشانگر مختلف موجود برای ناحیه مورد بررسی، استفاده شده است.

فرایند تهیه نقشه‌های پتانسیل کمی با استفاده از روش وزن‌های نشانگر در سیستم اطلاعات جغرافیایی چهار مرحله اصلی را شامل می‌شود:

- ۱- تهیه بانک اطلاعاتی مکانی رقمی.
- ۲- تهیه نقشه‌های نشانگر برای نوع کانسار مورد نظر طوری که هر یک به تنهایی پیش‌بینی‌کننده مناطق کانی‌سازی شده باشد.
- ۳- محاسبه وزن‌های مربوط به هر نقشه نشانگر (یا کلاس‌های آنها)
- ۴- ترکیب نقشه‌های نشانگر برای تهیه نقشه پتانسیل

بخش اول که در عمده پروژه‌هایی که با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی انجام می‌شوند وجود دارد، معمولاً نیازمند صرف وقت و حوصله زیاد است. خصوصاً اگر داده‌ها از منابع مختلف با ساختارهای کاملاً متفاوت باشند. ورود، سازماندهی و ایجاد ساختار جدید یا مشترک برای داده‌های هم‌جنس خصوصاً برای حجم زیاد داده‌ها می‌تواند هفته‌ها وقت شخص

استفاده کننده از یک سیستم اطلاعات جغرافیایی را بگیرد. تفاوت در نوع داده ها و رفع مشکلات احتمالی هر یک قبل از استفاده آنها در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی غیر رقمی و احتمال وجود برخی از آنها تنها به شکل چاپ شده می تواند موجب افزایش زمان لازم برای این مرحله در پروژه های سیستم اطلاعات جغرافیایی شود.

بنابراین بخش اول از نظر زمانی می تواند قسمت زیادی از وقت یک پروژه سیستم اطلاعات جغرافیایی را به خود اختصاص دهد.

بخش دوم می تواند مستلزم بکارگیری مدل های اکتشافی یا اظهار نظر شخص استفاده کننده از سیستم اطلاعات جغرافیایی باشد. رویه ای دیگر در این مورد، بکارگیری نحوه توزیع مکانی کانسارهای شناخته شده ناحیه در کلاس های مختلف نقشه های مورد نظر است.

یکی از روش های بسیار کارا برای این منظور، روش وزن های نشانگر است که قادر است همراهی مثبت و منفی نقاط معرف کانسارها را با کلاس های نقشه ها بررسی و محاسبه نماید که می تواند منجر به تهیه یا انتخاب نقشه های نشانگر شود. بدین منظور می توان از نتیجه محاسبات مرحله سه اشاره شده در بالا استفاده کرد.

در اغلب موارد ترکیب، طبقه بندی یا جدا کردن کلاس یا کلاس های خاص از یک نقشه و تشخیص گسختگی های طبیعی موجود در داده ها موجب وضوح بهتر و تقویت ارتباط مثبت یا منفی توزیع نقاط مورد نظر (کانسارها) با کلاس های نقشه ها می شود.

نهایتاً در مرحله چهار، نقشه ای از ترکیب همه نشانگرها تهیه می شود که می توان از آن برای ادامه عملیات پی جوئی یا اکتشاف استفاده کرد. در این مرحله همچنین می توان نقشه هایی تهیه کرد که میزان اطمینان به نتایج حاصل در نقشه پتانسیل را نشان دهد. این نقشه های

عدم اطمینان بر اساس عدم اطمینانی که ناشی از واریانس وزن‌های محاسبه شده و عدم اطمینان ناشی از عدم وجود دارد در برخی بخش‌ها قابل محاسبه و تبدیل به نقشه است. وجود چنین نقشه‌های عدم اطمینان در کنار نقشه پتانسیل اصلی می‌تواند به تعبیر و تفسیرها کمک نماید. معمولاً روش وزن‌های نشانگر در مواردی استفاده می‌شود که:

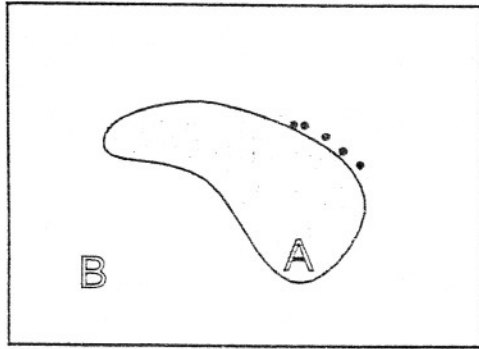
۱- به تعداد کافی از نقاط معرف کانسارها در ناحیه مورد مطالعه وجود داشته باشد.

۲- اطمینان کافی به محل ثبت شده چنین نقاطی وجود داشته باشد.

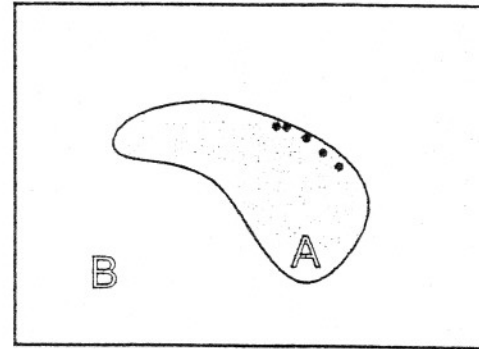
همچنین واضح است که مرز بین کلاس‌های نقشه‌های مورد استفاده نقشه تعیین کننده در محاسبه وزن‌ها در روش وزن‌های نشانگر دارد.

در شکل (۲-۱) در حالت (الف) نقاط که معرف یک کانسار فرضی است داخل واحد زمین‌شناسی A قرار می‌گیرد در نتیجه با انجام محاسبات وزن‌های نشانگر واحد A وزن مثبت برای دربرداشتن این کانسارها خواهد داشت. در صورتی که عدم اطمینان برای محل نقاط کانسارها یا مرز واحد زمین‌شناسی A یا هر دو وجود داشته باشد و حالت (ب) پیش آید همین کانسارها ارتباطی منفی با واحد A نشان می‌دهد ولی واحد B ارتباطی مثبت نشان می‌دهد. دادن اطلاعات ورودی تا حدی ممکن صحیح در گرفتن نتایجی که با واقعیت زمین تطبیق بیشتر می‌کند بسیار ضروری است و مشابه بسیاری از تکنیک‌های دیگر دادن اطلاعات نه چندان صحیح به کامپیوتر موجب گرفتن نتایج نه چندان صحیح خواهد شد.

واضح است که در شکل (۲-۱) میزان حساسیت این مسأله با فاصله بیشتر نقاط از مرز دو واحد زمین‌شناسی A و B کاسته می‌شود. بدین ترتیب صحت و دقت مکانی اجزاء سازنده در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (نقطه، خط، سطح، رستر) نقش و اهمیت خود را در



(ب)



(الف)

شکل (۲-): تأثیر تعیین محل نقاط مرزهای واحدهای زمین شناسی مختلف در شامل بودن نقاط معرف یک نوع کانسار واحد زمین شناسی A یا در واحد B

محاسباتی مثل روش وزن‌های نشانگر آشکار می‌سازد.

۱-۳-۲- روش وزن‌های نشانگر

روش وزن‌های نشانگر را می‌توان برای نقشه‌های نشانگر به صورت دوتایی (دو کلاس) به معنای حضور کلاس مورد نظر (۱) و عدم حضور آن (کلاس صفر) یا نقشه‌های چند کلاسی استفاده کرد. معمولاً تفسیر نقشه‌های نشانگر دوتایی و ترکیب آنها ساده و واضح تر است به همین دلیل اساس روش وزن‌های نشانگر بر مبنای نقشه‌های دوتایی است و اغلب مقالات اصلی در مورد این روش اساس را بر مبنای این نوع نقشه‌ها گذاشته‌اند. اکتشاف گران نیز اغلب به نوعی با نقشه‌های دوتایی سروکار دارند نقشه‌آنومالی یک عنصر خاص طوری که تمامی نقشه فقط از دو کلاس (بخش) تشکیل شده باشد: ۱- نواحی آنومالی (۱) ۲- نواحی غیر آنومالی (۰)

مثالی از یک نقشه نشانگر دوتایی است. به غیر از تفسیر، امکان ترکیب نقشه‌ها هنگامی که از نقشه‌های دوتایی استفاده کنیم ساده تر است. وزن‌های محاسبه شده برای تعداد کم کلاس‌ها حالت ثبات (۱) بیشتری نسبت به محاسبه وزن‌ها برای تعداد زیادی از کلاس‌ها دارد. این مسئله خصوصاً هنگامی که تعداد نقاط موجود در ناحیه مورد بررسی نسبتاً کم باشند، بیشتر اهمیت پیدا می‌کند. وزن‌های محاسبه شده برای نقشه‌های نشانگر دوتایی شده واریانس کمتری را نشان می‌دهند بنابراین دقت بیشتری خواهند داشت.

در صورتیکه مساحت سلول واحد $U \text{ Km}^2$ در نظر گرفته شود، مساحت ناحیه مورد مطالعه بر حسب سلول واحد، $A(T)/U = N(T)$ که در آن T مساحت ناحیه مورد مطالعه، $A(T)$ مساحت $N(T)$ معرف تعداد سلول واحد است (در این مورد ملزم به عدد صحیح بودن نیست). تعداد نقاط مورد نظر در داخل محدوده مورد مطالعه با $N(D)$ نشان داده می شود که $N(D)$ همواره عددی صحیح خواهد بود و مستقل از X است.

اگر در جاهایی که نقشه دوتایی حضور دارد (کلاس ۲) نقشه دوتایی نشانگر را با B نشان دهیم، در اینصورت، مساحت این نقشه بر حسب سلول واحد عبارت خواهد بود از:

$$A(B)/U = N(B)$$

به طریقی مشابه برای بخش های داخل ناحیه مورد بررسی که B حضور ندارند (B^-) با کلاس نقشه دوتایی ۱ است خواهیم داشت:

$$A(B^-)/U = N(B^-)$$

در صورتیکه بخش های فاقد داده وجود نداشته باشد،

$$N(B^-) + N(B) = N(T)$$

ولی اگر بخش هایی در T وجود داشته باشد که D اندازه گیری شده باشد، از کلاس دیگری نیز استفاده می شود (اغلب کلاس صفر) و در اینصورت:

$$N(B) + N(\overline{B}) + N(\text{missing}) = N(T)$$

فعالاً برای سادگی، فرض می کنیم $N(\text{missing}) = 0$ با استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیائی می توان به سادگی $N(T)$ ، $N(B)$ و $N(B)$ را محاسبه کرد. همچنین می توان تعداد نقاطی که روی B یا B^- می افتد که عبارتست از $N(B \cap D)$ و $N(B^- \cap D)$ را بدست آورد.

وزن‌های محاسبه شده از این روش ملاکی برای همراهی مکانی بین نقاط و بخش‌های نقشه دوتایی است. این وزن‌ها برای هر کلاس نقشه نشانگر محاسبه می‌شود. مقادیر مثبت برای وزن محاسبه شده بیانگر این واقعیت است که نقاط مورد نظر، بیشتر از حد اتفاقی داخل کلاس مورد نظری از نقشه قرار دارد و بطور معکوس، مقداری منفی برای وزن محاسبه شده نمایانگر این است که نقاط کمتر از حد معمول در آن کلاس خاص از نقشه قرار دارند. مقدار صفر، یا خیلی نزدیک به صفر بیانگر این است که نقاط مورد نظر به صورت تصادفی بین کلاس مورد نظر و بخش‌های دیگر نقشه دوتایی توزیع شده‌اند. برای نقشه‌های دوتایی که تنها دو کلاس دارند، W^+ وزنی است که معرف حضور و همراهی مثبت نقاط مورد نظر با کلاس خاص و W^- معرف عدم حضور یا همراهی منفی نقاط مورد نظر با کلاس خاصی است. تفاضل این دو وزن، کمتر است (C) نامیده می‌شود.

$$C = W^+ - W^-$$

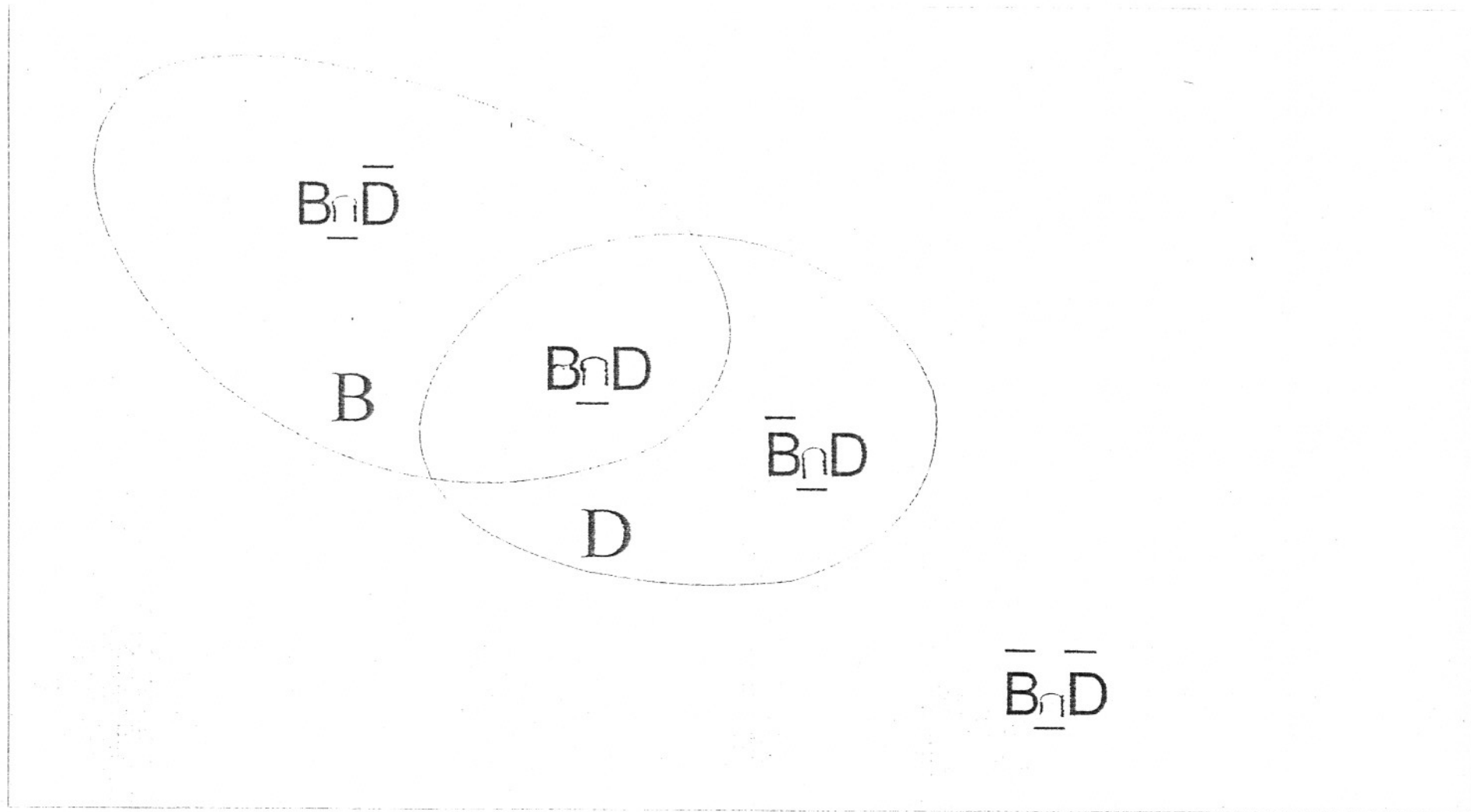
کنتراست پارامتری است که معرف وضعیت کلی همراهی یا عدم همراهی نقاط مورد نظر با کلاس‌های خاص از نقشه است چون اثر W^+ و W^- را توأم برای یک کلاس خاص از نقشه در نظر می‌گیرد.

بطور کلی وزن‌های W^+ و W^- محاسبه شده بین صفر تا ۰/۵ معمولاً چندان پیش‌گویی کننده و معرف نیستند. مقادیر ۰/۵ تا ۱ نسبتاً پیش‌گویی کننده و مقادیر بین ۱ و ۲ پیش‌گویی کننده خوبی هستند و اگر مقادیر محاسبه شده این وزن‌ها بیش از ۲ باشد قویاً پیش‌گویی کننده هستند. برای جزئیات محاسبه وزن‌های W^+ و W^- می‌توان به بونم کارتر ۱۹۹۴، فصل ۹) مراجعه کرد.

بطور کلی وزن‌های مربوط به کلاس‌های یک نقشه دوتایی با نسبت‌های احتمالات شرطی

(۱) زیر بیان می‌شوند.

$$W^+ = \ln \frac{P(B|D)}{P(B|\bar{D})}$$
$$W^- = \ln \frac{P(\bar{B}|D)}{P(\bar{B}|\bar{D})}$$



شکل (۲-۲) : دیاگرام "ون" معرف مجموعه های نقاط مورد نظر کلاس های نقشه دوتایی

که در آنها P معرف احتمال است. خود احتمالات اشاره شده در بالا را می‌توان براساس

دیاگرام ون شکل (۲-۲) بصورت زیر نوشت:

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

و

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

که $N(B \cap D)$ اشتراک دو مجموعه B (بخش‌های پوشیده شده از کلاس خاص نقشه دوتایی) و D

(معرف مجموعه نقاط مورد نظر است) است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$W^+ = \ln \left[\frac{N(B \cap D)/N(D)}{[N(B) - N(B \cap D)]/[N(T) - N(D)]} \right]$$

و به طریقی مشابه می‌توان رابطه W^- را نیز باز نویسی کرد.

در صورتی که مساحت سلول واحد خیلی کاهش یابد، عبارت بالا برای W^+ را می‌توان بصورت

ساده تر شده زیر نوشت:

$$W^+ = \ln \frac{N(B \cap D)/N(D)}{N(B)/N(T)}$$

چون $N(B)$ و $N(T)$ در مقابل $N(B \cap D)$ خیلی بزرگ خواهند شد. بنابراین W^+ که به این صورت

حاصل می‌شود، لگاریتم چگالی نرمال شده (۱) نقاط نیز هست (الیوت و همکاران، ۱۹۹۲).

خود چگالی نرمال شده (ND) عبارتست از:

$$ND = \frac{\text{نسبت نقاط مورد نظر روی کلاس خاص}}{\text{نسبت بخشی از ناحیه مورد مطالعه که با کلاس خاص نقشه پوشیده شده}}$$

جدول (۲-۱) محدوده مقادیر چگالی نرمال شده $\left(\frac{\text{درصد نقاط}}{\text{درصد مساحت}}\right)$ و W^+ را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۱) رابطه بین چگالی نرمال شده و وزن W^+ هنگامی که اندازه سلول واحد خیلی کوچک باشد.

همراهی نقاط - کلاس نقشه	W^+	ND
مثبت	> 0	> 1
بدون همبستگی	0	1
منفی	< 0	$0-1$

همچنین باید توجه داشت که مقادیر W^+ محاسبه شده خیلی به اندازه سلول واحد حساس نیست ولی با انتخاب کوچکتر اندازه سلول، مقدار W^- به W^+ نزدیکتر می‌شود.

محاسبه احتمال

اگر محاسبه احتمال اولیه (۱) داشتن یک نقطه کانسار در مساحت واحد ناحیه مورد بررسی را عددی ثابت و برابر چگالی توزیع نقاط مورد نظر فرض می‌کنیم $\frac{N(D)}{N(T)}$ ، در این

1. Prior Probability

صورت احتمال تجربی $P(D|B)$ (۱) را می‌توان برحسب احتمال اولیه $P(D)$ براساس قانون بیز (۲) بصورت زیر محاسبه کرد:

$$P(D|B) = P(D) \frac{P(B|D)}{P(B)}$$

می‌توان این عبارت را برحسب لاجیت (۳) نوشت و لاجیت لگاریتم طبیعی، آد (۴) است. آد نیز عبارتست از نسبت:

$$O = \frac{P}{1-P} = \frac{\text{احتمال وقوع رخدادی خاص}}{\text{احتمال عدم وقوع آن رخداد}}$$

بنابراین اگر لاجیت را با L نشان دهیم، لاجیت تجربی (۵) مربوط به نقاط کانسارها در مساحت واحد را می‌توان به شکل زیر نوشت:

$$L(B|D) = L(D) + W +$$

برای حالتی که کلاس موردنظر حضور داشته باشد.

$$L(\bar{B}|\bar{D}) = L(D) + W -$$

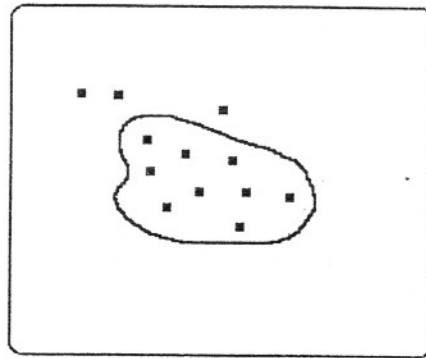
برای حالتی که کلاس مورد نظر حضور نداشته باشد.

مشابه احتمالات، می‌توان لاجیت اولیه (۶) را براساس اطلاعات حاصل از نقشه‌های نشانگر تصحیح کرد تا به لاجیت تجربی رسید که همان شکل لگاریتمی خطی شده قانون بیز است.

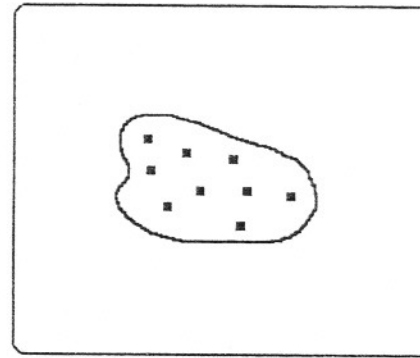
با فرض مستقل بودن شرطی (۷)، دو نقشه نشانگر B_1 و B_2 را می‌توان برای تصحیح کردن لاجیت اولیه به کار گرفت تا لاجیت تجربی را محاسبه کرد. در صورتیکه نقشه‌های نشانگر از نوع دوتایی باشند برحسب اینکه دو نقشه چگونه با هم ترکیب شوند، چهار حالت

1. Posterior Probability
3. Logit
5. Posterior logit
7. Conditional independence

2. Bayes rule
- 4-Odd
6. Prior logit



(ب)



(الف)

شکل (۲-۲) : يك نقشه نشانگر دوتایی تعداد ۲ برای حضور و ۱ برای عدم حضور و یکسری نقاط را نشان میدهد

در شکل (A - ۲-۲) محدوده ناحیه مورد مطالعه از بقیه قسمت های نشان داده شده و در شکل (B - ۲-۲) عملاً "محدوده مورد نظر از سایر قسمت ها بریده شده است. بدین ترتیب تنها نقاط و نواحی داخل ناحیه مورد مطالعه در شکل (B - ۲-۲) مورد محاسبه قرار می گیرد.

ممکن زیر پیش می آید:

$$L(B | B_1 | B_2) = L(D) + W^+_1 + W^+_2$$

$$L(B | B_1 | B_2) = L(D) + W^+_1 + W^+_2$$

$$L(B | B_1 | B_2) = L(D) + W^+_1 + W^+_2$$

$$L(B | B_1 | B_2) = L(D) + W^+_1 + W^+_2$$

استفاده از مدل لگاریتم خطی دارای این امتیاز نسبت به روابط احتمال معمولی است که وزن ها را ساده تر از فاکتورهای احتمالی می توان درک و تفسیر کرد مثلاً یک وزن مثبت بین این واقعیت است که توزیع نقاط موردنظر به صورت تصادفی نیست و تمایل به کلاس خاص وجود دارد.

بدین ترتیب با استفاده از مقیاس لگاریتمی می توان وزن های محاسبه شده را مستقیماً با لاجیت اولیه جمع کرد تا به لاجیت تجربی رسید. سپس می توان لاجیت تجربی $L(D|B)$ را با رابطه زیر به مقادیر احتمال تجربی تبدیل کرد:

$$P(D | B) = \frac{\exp [L(D | B)]}{1 + \exp [L(D | B)]}$$

بدین ترتیب با نقشه کردن مقادیر محاسبه شده $P(D | B)$ برای همه سلول ها، می توان نقشه ای تهیه کرد که نحوه توزیع این احتمال تجربی محاسبه شده را در ناحیه مورد مطالعه نشان دهد. در صورتیکه از یک کلاس بندی براساس مقادیر کوانتایل^(۱) استفاده شود و رنگ کلاس های

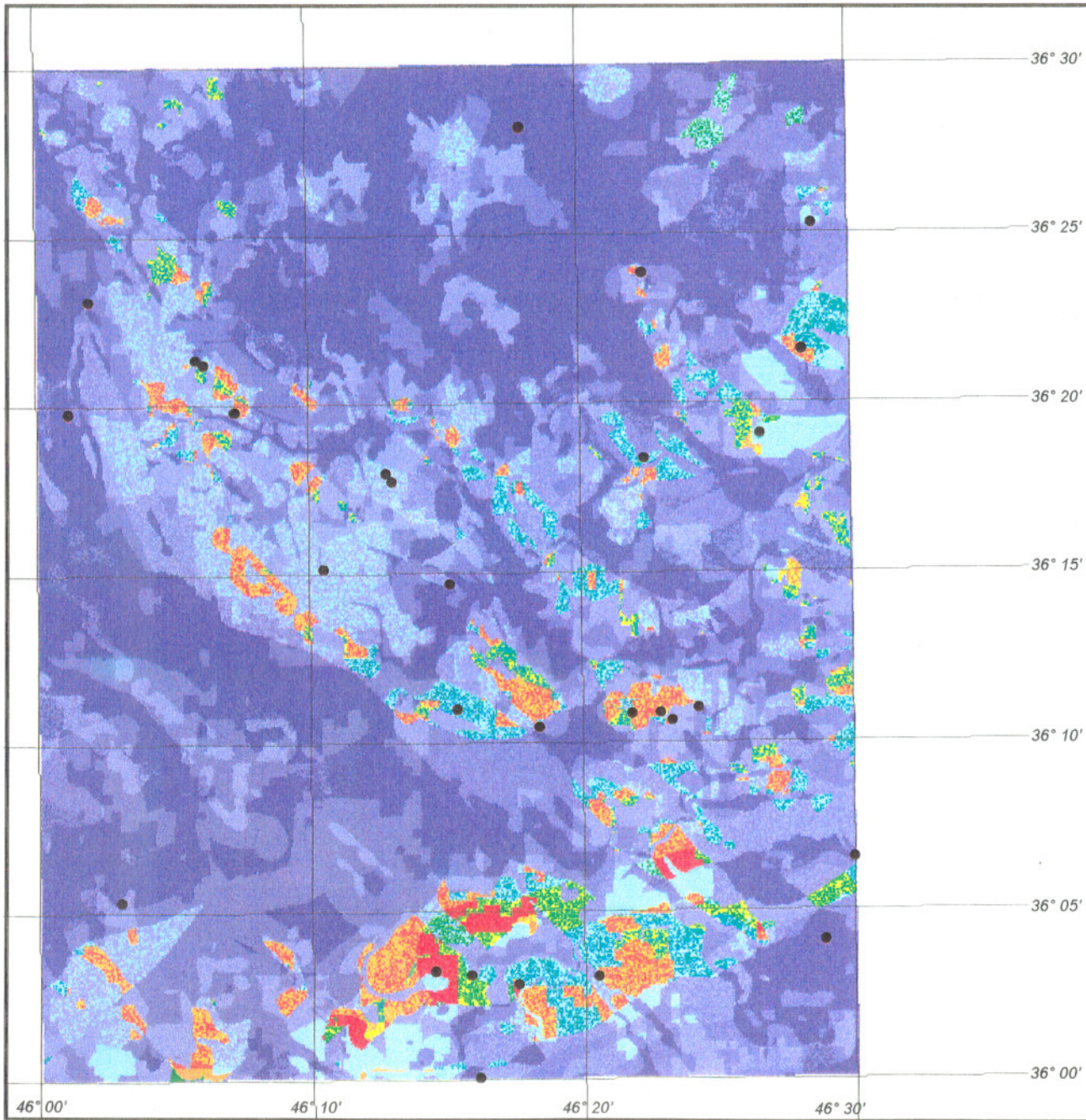
1. Quantile

مشابه کوانتایل ها نیز برابر انتخاب شود، نقشه احتمال تجربی حاصل، درست مشابه نقشه‌ای خواهد بود که توزیع لاجیت تجربی محاسبه شده را در ناحیه نشان دهد و عملاً این دو نقشه یکی خواهند بود.

GEOLOGICAL SURVEY OF IRAN

Mineral Potential Map
Posterior Probabilities

from
Weights of Evidence Method



36° 30'
36° 25'
36° 20'
36° 15'
36° 10'
36° 05'
36° 00'

46° 00' 46° 10' 46° 20' 46° 30'

Calculated Posterior Probabilities

0.0000 - 0.0003
0.0003 - 0.0006
0.0006 - 0.0009
0.0009 - 0.0012
0.0012 - 0.0015
0.0015 - 0.0018
0.0018 - 0.0021
0.0021 - 0.0024
0.0024 - 0.0027
0.0027 - 0.0030
0.0030 - 0.0033
0.0033 - 0.0036
0.0039 - 0.0042
0.0042 - 0.0045
0.0048 - 0.0051
0.0054 - 0.0057
0.0063 - 0.0066
0.0069 - 0.0072
0.0078 - 0.0081
0.0087 +

● Metallic Deposit Showings

Scale 1 : 350 000

km 1 0 8 km

GIS Group

Posterior Probability

by

Using Results of U Statistics
for Geochemistry Data

Posterior Probability

0.0000 - 0.0003

0.0003 - 0.0006

0.0006 - 0.0009

0.0009 - 0.0012

0.0012 - 0.0015

0.0015 - 0.0018

0.0018 - 0.0021

0.0021 - 0.0024

0.0024 - 0.0027

0.0027 - 0.0030

0.0030 - 0.0033

0.0033 - 0.0036

0.0036 - 0.0039

0.0039 - 0.0042

0.0042 - 0.0045

0.0048 - 0.0051

0.0057 - 0.0060

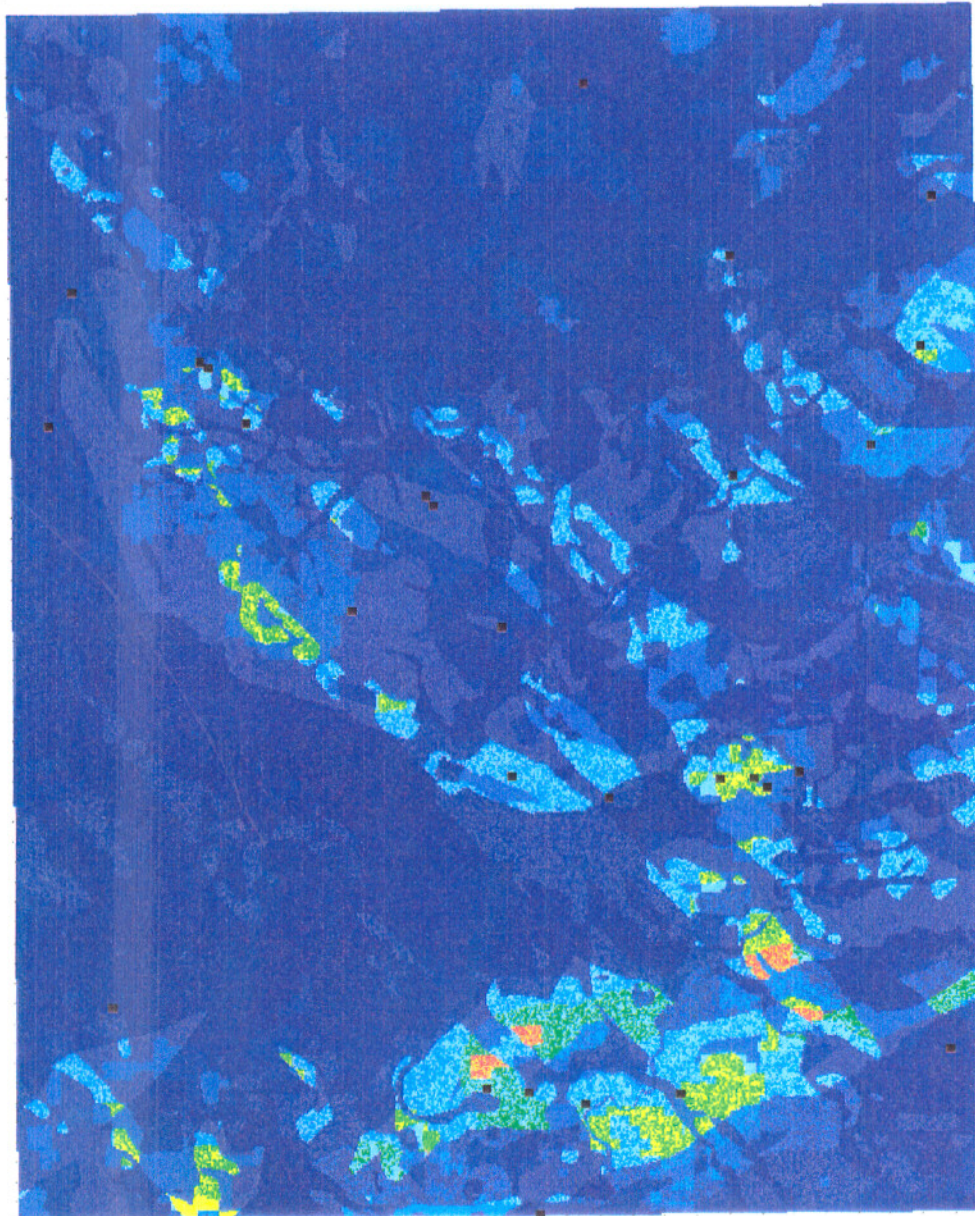
■ Metallic Deposit Showing



Scale 1 : 350 000



GIS Group



46° 10'

46° 20'

46° 30'

36° 30'

36° 25'

36° 20'

36° 15'

36° 10'

36° 05'

36° 00'

ترکیب لایه ها

شکل (۲-۴)، نمودار کلی ترکیب لایه‌های مختلف تا رسیدن به نقشه‌های پتانسیل نهایی

را نشان می‌دهد.

Remote Sensing

Tectonics

Geochemistry

Geophysics

Geology

Landsat(TM)

Faults

- Cu
- Pb
- Fe2O3
- B
- Sr
- P2O5

Geochemistry
 Integration of
 all Classes
 above 2 by
 Logical OR

- From U Statistics
- Pb
 - Sr
 - B
 - Cu
 - Fe2O3
 - MnO
 - P2O5
 - (Co + Ni + V)

First Derivative of Magnetics

Shallow Depth Intrusives

Geology

Selection of Geological Units

band 5
band 7

Combined Faults

Buffering

WofE

WofE

Buffering

Plutonic Intrusives

Buffering

WofE

Binary Map of
band 5
band 7

Binary Map of
Faults

Binary Map of
Geochemistry

Binary Map of
First Derivative of
Magnetics

Binary Map of
Shallow Depth
Intrusives

Binary Map of
Geology

Integration of Binary Maps

Index Overly Method

Logistic Regression Method

WofE Method

Mineral Potential Map

Mineral Potential Map

Mineral Potential Map

لایه‌های مختلفی که در این ترکیب شرکت کرده اند عبارتند از نقشه‌های مربوط به زمین‌شناسی ، ژئوفیزیک ، ژئوشیمی ، تکتونیک و دورسنجی ، بطور کلی ۲ مرحله را می‌توان در کل مراحل اشاره شده در شکل (۲-۴) ملاحظه نمود:

۱- انتخاب و تهیه نقشه‌های نشانگر در هر مورد

۲- تبدیل نقشه نشانگر (معمولاً چندکلاسی) به یک نقشه دوتایی (دوکلاسی)

۳- ترکیب نقشه‌های نشانگر دوتایی با ۳ روش مختلف

زمین‌شناسی

در مرحله اول در مورد لایه زمین‌شناسی ، ابتدا به منظور مشخص شدن اینکه کدام واحدها ارتباط مکانی بیشتری از نظر توزیع کانسارها و اندیس‌های معدنی فلزی شناخته شده نشان می‌دهند، آنالیز وزن‌های نشانگر انجام گرفته که جدول (۲-۲) نتیجه آن را نشان می‌دهد. از نقشه زمین‌شناسی برای تهیه و استخراج لایه اطلاعاتی و نقشه نشانگر دیگری که معرف میزان نزدیکی به محل تماس توده‌های نفوذی آذرین و سنگهای مجاور باشد نیز استفاده شده است. بدین منظور ابتدا کلیه واحدهای آذرین نفوذی ثبت شده در نقشه زمین‌شناسی شکل (صفحه ۵۹) استخراج شده سپس مناطق بافر اطراف خط تماس این توده‌ها با واحدهای زمین‌شناسی اطراف خود برای فواصل ۰/۵ ، ۱ ، ۱/۵ ، ۲ و ۲/۵ کیلومتری از این محل تماس تهیه شده اند. سپس کلیه ۵ کلاسی که مناطق بافر ذکر شده را تشکیل می‌دهند به کلاس ۲ و سایر مناطق نقشه سقز به کلاس ۱ طبقه بندی شده است تا بدین ترتیب نقشه دوتایی معرف مناطق نزدیک به توده‌های نفوذی به دست آید.

برای مشخص کردن سایر توده‌های آذرین نفوذی محتمل در ناحیه از نقشه‌های توده‌های نفوذی کم عمق (۱) استفاده شده و حاشیه پیشنهادی برای وجود چنین توده‌هایی در عمق کم ولی بدون رخنمون نیز وارد این ترکیب شده است. بدین صورت که پس از ورود محدوده‌های معرف این توده‌های نفوذی کم عمق برای تهیه یک نقشه دوتایی معرف نزدیکی به این توده‌ها، یک ناحیه بافر ۲/۵ کیلومتری در اطراف آنها تعیین شده است.

نقشه‌های دوتایی بافرهای شکل و با هم توسط OR منطق بولی ترکیب شده تا یک نقشه

کلی که معرف نزدیکی به توده‌های نفوذی است، حاصل شود.

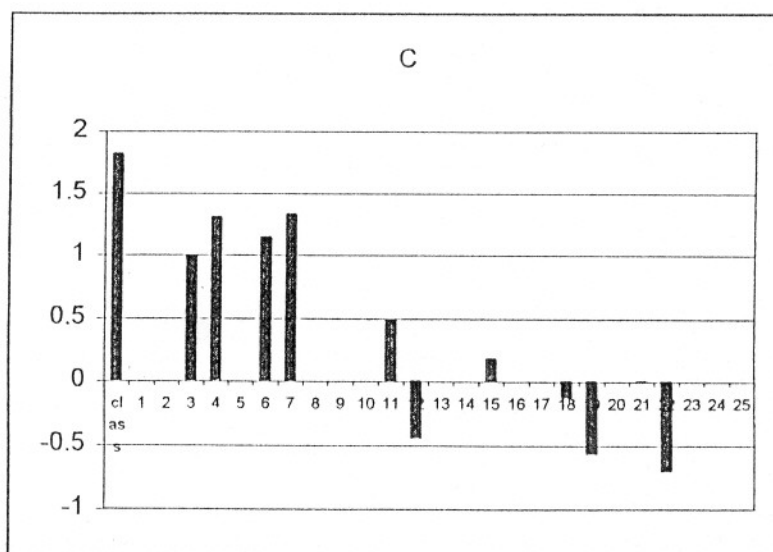
1. Shallow depth Intrusives

جدول (۲-۲) : نتیجه آنالیز وزن های نشانگر برای نقشه زمین شناسی

و نقاط معرف کانسار و اندیس های معدنی فلزی شناخته شده در

ناحیه سقز

class	area	points	W+	s(W+)	W-	s(W-)	C	s(C)
1	15	1	1.7848	1.0344	-0.0293	0.1901	1.8141	1.0517
2	6	0						
3	9	0						
4	33	1	0.9651	1.0153	-0.0219	0.1901	0.9869	1.0329
5	78	3	1.2238	0.5888	-0.0783	0.1972	1.3021	0.6209
6	27	0						
7	28	1	1.1132	1.0177	-0.0237	0.1901	1.1369	1.0353
8	24	1	1.3018	1.0213	-0.0257	0.1901	1.3275	1.0389
9	1	0						
10	11	0						
11	7	0						
12	543	9	0.3608	0.3361	-0.1278	0.2248	0.4886	0.4043
13	131	1	-0.4244	1.0038	0.0191	0.1901	-0.4434	1.0217
14	26	0						
15	55	0						
16	219	3	0.1649	0.5813	-0.0174	0.1972	0.1823	0.6139
17	0	0						
18	175	0						
19	385	4	-0.1116	0.5026	0.0191	0.2012	-0.1306	0.5414
20	147	1	-0.5387	1.0034	0.0258	0.1901	-0.5646	1.0213
21	5	0						
22	173	2	-0.0069	0.7112	0.0005	0.1936	-0.0074	0.7371
23	323	2	-0.635	0.7093	0.068	0.1937	-0.7029	0.7353
24	58	0						
25	0	0						
0	8	0						



ژئوفیزیک

نقشه مشتق اول میدان مغناطیسی مشخصه ژئوفیزیکی است که بیشتر از سایر نقشه‌های ژئوفیزیکی ارتباط با روندهای کلی کانی سازی‌های فلزی ناحیه نشان می‌دهد. بدین منظور این نقشه بعنوان یک نشانگر انتخاب شد. برای مشخص شدن میزان و نحوه ارتباط توزیع کانسارها و اندیس‌های فلزی شناخته شده در ناحیه با کلاس‌های مختلف نقشه مشتق اول میدان مغناطیسی، آنالیز «وزن‌های نشانگر» انجام گرفته (جدول ۲-۳) تا وزن‌های W^+ و W^- برای کلاس‌های مختلف محاسبه شود.

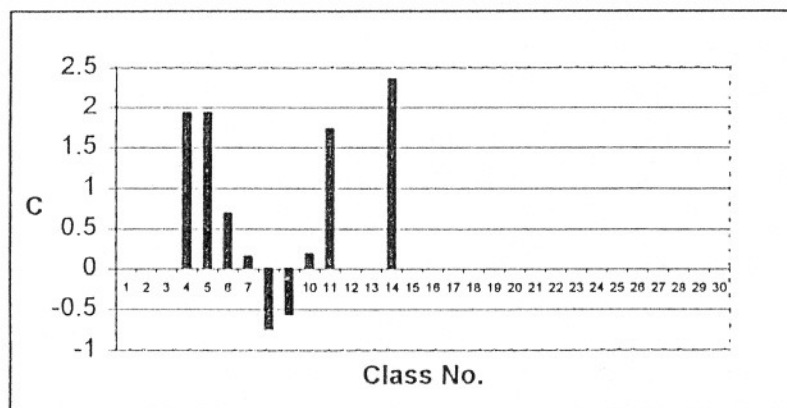
همانطور که از جدول (۲-۳) ملاحظه می‌شود، کلاس‌های ۸ و ۹ از نقشه مشتق اول میدان مغناطیسی کنتراستی منفی دارند. بدین علت برای تهیه نقشه دوتائی معرف مشتق اول میدان مغناطیسی، کلاس ۸ و ۹ تحت عنوان کلاس با ارتباط کمتر از نقشه دوتائی در نظر گرفته شده اند. از دو کلاس ۱۰ و ۷ نیز که کنتراست کمی دارند، کلاس ۱۰ که تنها ۲ نقطه در آن قرار دارد نیز جزء کلاس یا ارتباط کم نقشه دوتائی مشتق اول میدان مغناطیسی قرار داده شده است، سایر کلاس‌های نقشه مشتق اول مغناطیسی که عمدتاً کلاس‌های بالا یا پائین با مساحت‌های کم هستند جزء کلاس با ارتباط بیشتر نقشه دوتائی مشتق اول میدان مغناطیسی در نظر گرفته شده اند. به این ترتیب با طبقه بندی نقشه اصلی مشتق اول میدان مغناطیسی به تنها دو کلاس، می‌توان به نقشه دوتائی شکل (صفحه ۶۲) دست یافت.

جدول (۲۲): نتیجه آنالیز وزن‌های نشانگر برای نقشه ژئوفیزیکی و

نقاط معرف کانسارها و اندیس‌های معدنی فلزی شناخته شده

در ناحیه سقز

class	area	points	W+	s(W+)	W-	s(W-)	C	s(C)
1	1739	0						
2	2380	0						
3	3920	0						
4	12890	1	1.896	1	-0.0299	0.189	1.9259	1.0177
5	26430	2	1.8711	0.7071	-0.0608	0.1925	1.9319	0.7329
6	88749	2	0.6597	0.7071	-0.0352	0.1925	0.6948	0.7328
7	457359	6	0.1186	0.4083	-0.0288	0.2085	0.1474	0.4584
8	1213290	9	-0.4515	0.3333	0.2968	0.2236	-0.7483	0.4014
9	424769	3	-0.5006	0.5774	0.0779	0.1961	-0.5785	0.6098
10	144520	2	0.1721	0.7071	-0.0116	0.1925	0.1837	0.7328
11	50240	3	1.6342	0.5774	-0.0888	0.1961	1.723	0.6098
12	20979	0						
13	13189	0						
14	8420	1	2.3219	1.0001	-0.0317	0.189	2.3536	1.0178
15	4480	0						
16	2009	0						
17	1809	0						
18	1489	0						
19	1279	0						
20	1250	0						
21	1230	0						
22	1139	0						
23	899	0						
24	749	0						
25	680	0						
26	670	0						
27	589	0						
28	600	0						
29	569	0						
30	749	0						



ژئوشیمی

تا زمان انجام این بررسی، تنها نتایج عناصر و ترکیبات B، Cu، Fe₂O₃، Pb، P₂O₅ و Sr

موجود بوده است.

بدین منظور تنها از این عناصر استفاده شده است. برای تهیه یک نقشه ژئوشیمیایی دوتایی براساس نتایج بدست آمده برای توزیع عناصر ذکر شده در رسوبات آبراهه ای، ۲ کلاس بالای نقشه‌های این عناصر همگی با Or⁺ منطبق بولی با هم ترکیب شده اند. بدین ترتیب نقشه‌ای حاصل شده است که در هر محل که کلاس هر یک از نقشه‌های عناصر ذکر شده ۱، ۲ یا ۳ (۳ کلاس بالا) بوده است، کلاس نقشه دوتایی ۲ (ارتباط بیشتر توزیع نقاط معرف کانسارهای فلزی ناحیه) و اگر کمتر از کلاس ۳ بوده، برای نقشه دوتایی کلاس ۱ در نظر گرفته شده است. کلاس‌های ۱، ۲ و ۳ از نقشه‌های ژئوشیمیایی بدین علت انتخاب شده اند که بیشترین ارتباط را با توزیع مکانی نقاط معرف کانسارها و اندیس‌های معدنی فلزی در ناحیه مورد مطالعه داشته اند.

تکتونیک

برای تهیه نقشه ای که گسله‌های ناحیه مورد مطالعه را نشان دهد از دو منبع زیر استفاده شده است:

- نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰,۰۰۰ ناحیه

- تصاویر ماهواره ای لندست TM

- از آنجائیکه قطعاً برخی از گسل‌های ناحیه در نقشه زمین شناسی معرفی و نشان داده نشده‌اند، برای تکمیل گسله‌هایی که روی نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰,۰۰۰ ثبت شده اند اقدام به استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست TM نیز گردید. گسله‌های ناحیه که از روی تصاویر ماهواره ای لندست TM توسط بخش دورسنجی سازمان زمین شناسی کشور استخراج شده بود برای تصحیح و تکمیل به گسله‌های نقشه زمین شناسی اضافه گردید و نهایتاً نقشه ای از گسله‌های ناحیه تهیه شد که اکثر گسل‌های ناحیه را نشان می‌دهد (شکل صفحه ۲۹).

با توجه به اهمیت فوق العاده زیاد گسله‌ها در هدایت محلول‌های کانی ساز و ارتباط آنها با نواحی کانی سازی شده، برای تهیه نقشه ای که نزدیکی به محل گسله‌ها را نشان دهد. اقدام به تهیه یک نقشه مناطق بافر در اطراف گسله‌ها شد. (شکل صفحه ۷۰).

سپس برای تهیه یک نقشه دوتایی معرف نزدیکی به گسله‌ها تمام کلاس‌های تا فاصله ۱۰۰۰ متری از گسل‌ها تحت کلاس ۲ (با ارتباط بیشتر نسبت به نقاط کانی سازی) و فواصل دورتر از ۱۰۰۰ متر از گسله‌ها تحت کلاس ۱ در نظر گرفته شده و نقشه دوتایی بافر اطراف گسله‌ها تهیه شده است.

تصاویر ماهواره ای لندست TM

از تصاویر ماهواره ای لندست TM برای مشخص کردن نواحی بالقوه همراه آلتراسیون استفاده شده است. (شکل صفحه ۵۵).

از این نقشه اصلی بعنوان راهنمایی برای مشخص کردن محدوده کلاس هائی که پس از آنها ارتباط مکانی توزیع نقاط معرف کانسارها و اندیس های معدنی فلزی با کلاس های نقشه آلتراسیون کاسته می شود، استفاده شده است. برای تهیه یک نقشه دوتایی معرف مناطق محتمل برای آلتراسیون، کلاس های ۱ تا ۱۱۰ از نقشه اصلی بعنوان کلاس ۲ نقشه دوتایی (با ارتباط بیشتر با نقاط کانسارها) و کلاس های ۱۱۱ تا ۲۵۵ آن همگی تحت عنوان کلاس ۱ (که ارتباط کمتری را با توزیع نقاط کانسارها نشان می دهد)، در نظر گرفته شده است (شکل صفحه ۶۸).

۲-۳-۲- روش رگرسیون لجستیکی

رگرسیون لجستیکی یکی از روش‌های است که می‌توان از آن برای پیش‌بینی وضعیت احتمال وقوع یک متغیر با ماهیت دوتایی (۱) بر اساس مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل، استفاده کرد. در حقیقت روش رگرسیون لجستیکی یکی از روش‌های آماری چند متغیره است که با استفاده از آن می‌توان احتمال وقوع پدیده‌ای را تخمین زد. این روش پیش‌فرض‌های کمتری را نسبت به روش‌های دیگر چند متغیره نیاز دارد.

مدل رگرسیون لجستیکی

در مورد حالتی که تنها با یک متغیر مستقل روبرو باشیم، مدل رگرسیون لجستیکی را می‌

توان به صورت زیر نوشت

$$p = \frac{e^{B_0 + B_1 X}}{1 + e^{B_0 + B_1 X}}$$

یا

$$p = \frac{1}{1 + e^{-(B_0 + B_1 X)}}$$

که در آنها B_0 و B_1 ضرایبی هستند که می‌بایستی بر مبنای داده‌های ارائه شده محاسبه می‌شوند و X متغیر مستقل است. در حالتی که تعداد متغیر مستقل بیش از یکی باشد، می‌توان

این مدل را به صورت زیر نوشت:

$$p = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

یا

$$p = \frac{1}{1 + e^Z}$$

(وقوع پدیده مورد نظر) احتمال

که در آن Z عبارتست از یک ترکیب خطی از کلیه متغیرهای مستقل مورد نظر:

$$Z = \sum_{i=1}^n B_i \times i + B_0$$

و البته احتمال عدم وقوع پدیده مورد نظر برابر با:

احتمال وقوع پدیده مورد نظر $= 1 -$ احتمال عدم وقوع پدیده مورد نظر

مشابه سایر احتمالات، مقدار P محاسبه شده صرف نظر از دامنه تغییرات Z ، $0 \leq P \leq 1$

برای این مطالعه متغیرهای دوتایی استفاده شده عبارتند از:

۱- سازندها و واحدهای که بیشترین ارتباط را با حضور اندیس‌های معدنی نشان می‌دهند

(براساس نقشه دو کلاس زمین شناسی).

۲- نزدیکی به توده‌های آنرین نفوذی (نقشه دوکلاس توده‌های آنرین تفسیر شده و

رخنمون دار).

۳- نزدیکی به گسل‌ها (نقشه دو کلاس نزدیکی به گسل‌ها).

۴- قرار داشتن در کلاس‌های خاص از نقشه گرادیان مغناطیسی (نقشه دوکلاس مشتق

اول میدان مغناطیسی)

۵- قرار داشتن در کلاس‌های بالای نقشه‌های ژئوشیمی (نقشه دوکلاس ترکیب شده

ژئوشیمی)

۶- قرار داشتن در کلاس‌های خاص از نقشه معرف آلتراسیون (نقشه دوکلاس

آلتراسیون از تصاویر ماهواره‌ای) P یا احتمال محاسبه شده براساس این روش معرف حضور

کافی سازی بر اساس داده‌های ورودی و این مدل است. مقدار احتمال تجربی (۱) محاسبه شده برای بخش‌های مختلف به نقشه در آمده است یکی از نقشه‌های پتانسیل نهایی ارائه شده است.

1. Posterior Probability

۳-۳-۲- روش تقاطع شاخصی

این روش یکی از ساده ترین روش های ترکیبی چندین نقشه نشانگر با هم است. در این روش وزن هائی انتخابی (مساوی یا متفاوت) به نقشه ها داده می شود. همچنین به کلاس های هر نقشه نیز می توان وزن هائی متفاوت یا مساوی نسبت داد. این روش برای نقشه های دوتایی و همچنین نقشه های چندکلاسی قابل اجرا است. در این بررسی از روش تقاطع شاخصی برای ترکیب نقشه های نشانگر دوتایی ایجاد شده، استفاده شده است. در چنین حالتی هر نقشه در هر فاکتور وزن نسبت داده شده ضرب شده و مجموع همه آنها حساب می شود. سپس برای نرمالیز کردن آن تقسیم بر مجموع وزن ها می شود. نتیجه حاصل (S) را می توان بصورت نقشه ای جدید در آورد. بنابراین در هر مکان از ناحیه مورد مطالعه امتیاز نهائی S بصورت زیر تعریف می شود.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \text{ class } (mapi)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad \text{کلاس نقشه}$$

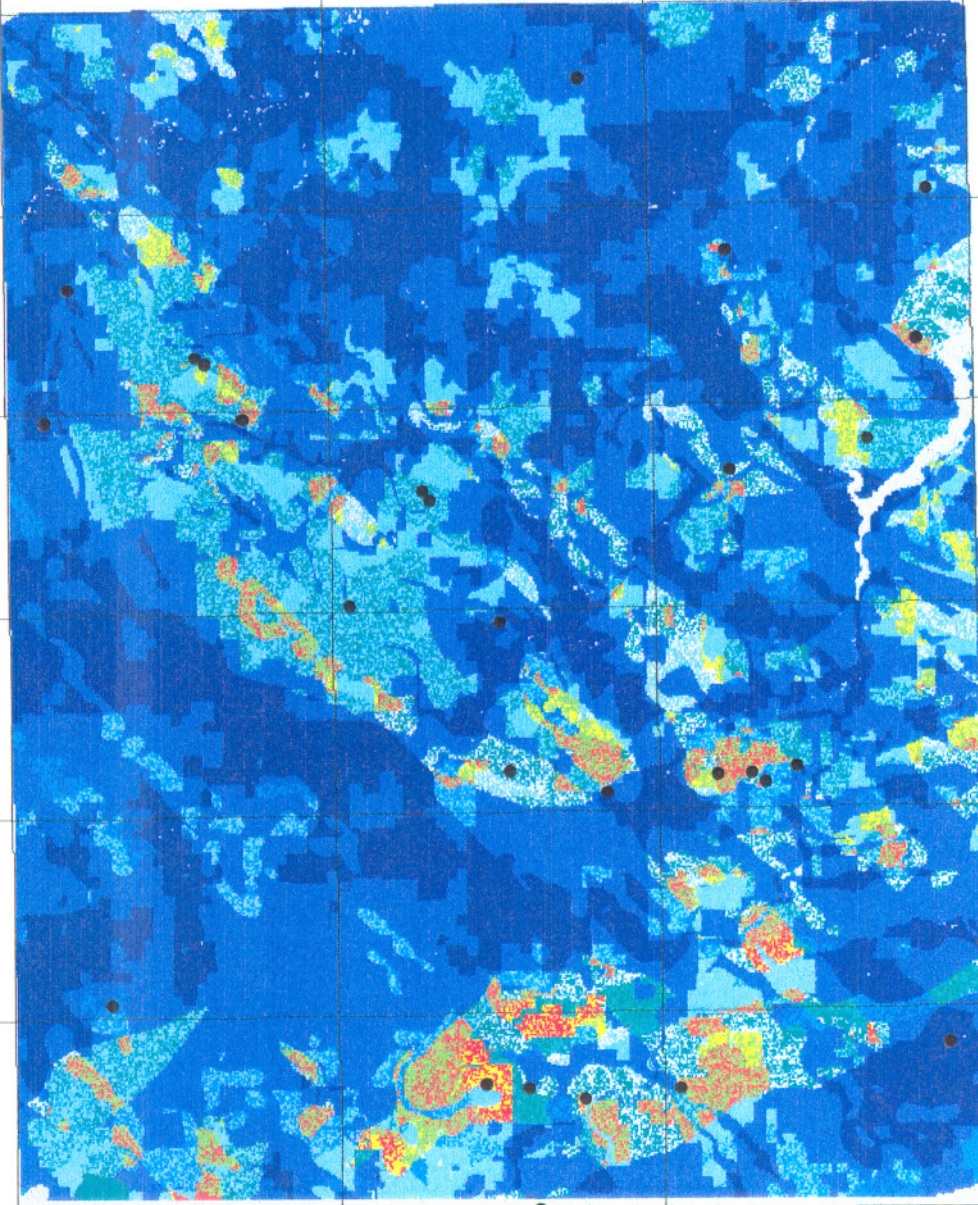
که W_i وزن نسبت داده شده به نقشه i ام و کلاس نقشه i ام کلاس نقشه دوتایی نشانگر است.

بنابراین در این روش فرض بر این است که وزن ها بطور خطی با هم جمع پذیرند.

جدول (4-2) نقشه هایی که برای ترکیب با این روش بکار گرفته شده اند و امتیازات نسبت

داده شده به آنها و کلاس های دوتایی آنها را نشان می دهد.

Mineral Potential Map Posterior Probabilities from Logistic Regression



Calculated Posterior Probabil

Dark Blue	0.0002 - 0.0004
Blue	0.0004 - 0.0006
Light Blue	0.0006 - 0.0008
Medium Blue	0.0008 - 0.0010
Lighter Blue	0.0010 - 0.0012
Light Blue	0.0012 - 0.0014
Lighter Blue	0.0014 - 0.0016
Light Blue	0.0016 - 0.0018
Lighter Blue	0.0018 - 0.0020
White	0.0020 - 0.0022
Light Green	0.0022 - 0.0024
Light Green	0.0024 - 0.0026
Light Green	0.0028 - 0.0030
Light Green	0.0034 - 0.0036
Light Green	0.0038 - 0.0040
Light Green	0.0040 - 0.0042
Yellow	0.0042 - 0.0044
Yellow	0.0046 - 0.0048
Red	0.0052 - 0.0054
Red	0.0058 +

● Metallic Deposit Showings



Scale 1 : 350 000



GIS Group

46° 00' 46° 10' 46° 20' 46° 30'

36° 00'

36° 05'

36° 10'

36° 15'

36° 20'

36° 25'

36° 30'

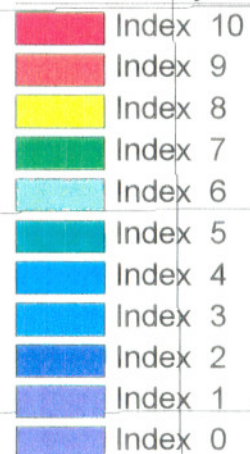
GEOLOGICAL SURVEY OF IRAN

Mineral Potential Map

by

Index Overlay

Index Overlay Class



● Metallic Deposit Showings



Scale 1 : 350 000



GIS Group

46° 00'

46° 10'

46° 20'

46° 30'

46° 40'

46° 50'

36° 30'

36° 25'

36° 20'

36° 15'

36° 10'

36° 05'

36° 00'

```

: Multi-Criteria Overlay Template
:-----
:new mapid & title : minpot3      Index Overlay to create Mineral
Potential map by
:-----
: no of Input Maps : 6
: Input Maps (Id Max Color)
bband10  2  bfaltbuf  2  bgeochem  2  bgeology  2  bmaglst  2
bplutons  2
:
: Format = Weight  Map ID  Title
:-----

:-----
10 bband10 : bband10
:-----
:          - 0:  0
:1         - 1:  0
:2         - 2: 10
:-----
16.667 bfaltbuf : bfaltbuf
:-----
:          - 0:  0
:1         - 1:  0
:2         - 2: 10
:-----
30 bgeochem : bgeochem
:-----
:          - 0:  0
:1         - 1:  0
:2         - 2: 10
:-----
25 bgeology :
:-----
:          - 0:  0
:1         - 1:  0
:2         - 2: 10
:-----
16.667 bmaglst : Spatial Association
:-----
:          - 0:  0
:1         - 1:  0
:2         - 2: 10
:-----
25 bplutons : bplutons
:-----
:          - 0:  0
:1         - 1:  0
:2         - 2: 10
:=====

```

جدول (۲-۴) : جدول امتیاز دهی برای ترکیب نقشه های
نشانگر دوتایی با روش تقاطع شاخصی

۳- نتیجه گیری و پیشنهادات

روندهای مشاهده شده برای بالاترین کلاس ها که معرف بیشترین احتمال وقوع کانی سازی در ناحیه مورد بررسی در این ورقه ۱:۱۰۰,۰۰۰ است، عموماً در هر سه نقشه پتانسیل تهیه شده با هم تطابق کلی می‌کند. در هر سه نقشه قضاوت کلی و عمومی روندهای شکل (صفحه ۱۰۸) را پیشنهاد می‌کنند.

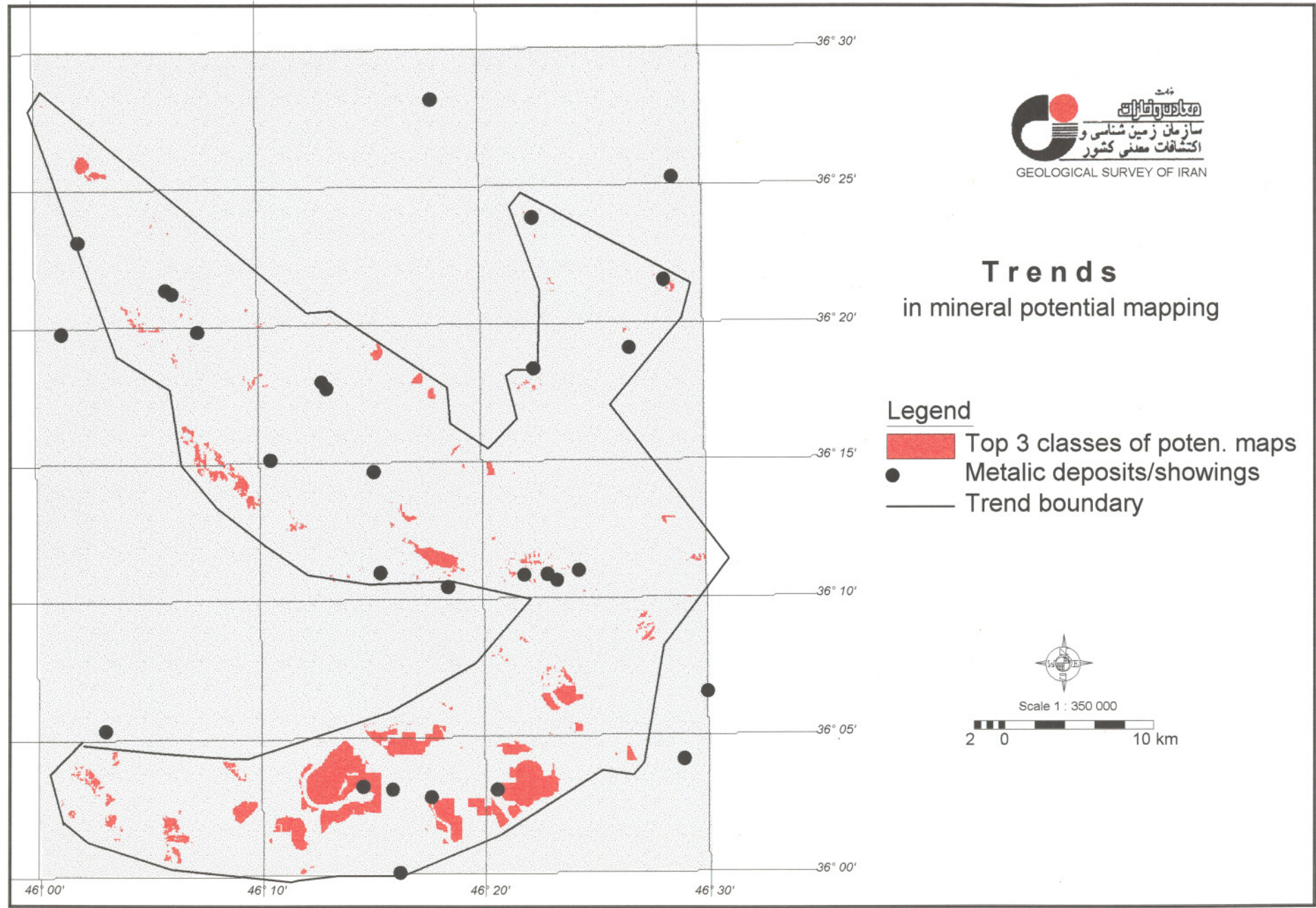
Trends in mineral potential mapping

Legend

- Top 3 classes of poten. maps
- Metalic deposits/showings
- Trend boundary



Scale 1 : 350 000



این در حالی است که ماهیت و روش محاسبه و رسیدن به سه نقشه پتانسیل ارائه شده در بخش‌های قبلی اساساً با هم متفاوت است که توضیح هر یک در صفحات قبلی ارائه شده است. بنابراین با توجه به پیشنهاد مشترک این سه نقشه، مناطق مهمتر داخل این روندها بصورت شکل (صفحه ۱۰۸) معرفی می‌شود. بررسی دقیق تر سه نقشه پتانسیل تهیه شده بیانگر این است که در داخل روندهای معرفی شده شکل (صفحه ۱۰۸) نیز برخی بخش‌ها بطور کلی در سه نقشه نیز (در مقیاس محلی تر) به عنوان مهمترین نواحی برای احتمال داشتن کانی سازی نسبت به سایر نواحی با بالاترین کلاس‌های نقشه معرفی شده اند. این نواحی بیش از سایر نواحی دیگر نیازمند بررسی بیشتر هستند.

این نکته مهم را باید در نظر گرفت که نقشه‌های پتانسیل مواد معدنی (ارائه شده در این گزارش یا هر گزارش یا کار تحقیقات - معدنی دیگر) تنها پیشنهادکننده مناطق هستند. بدان معنی که نمی‌توان 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 نقشه‌ها یا پتانسیل بالا، کانی سازی بصورت اندیس معدنی رخنمون دار قابل مشاهده باشد، یا نشانه‌هایی قابل رؤیت با چشم در سطح زمین وجود داشته باشد. نکته مهم دیگری که در استفاده از نقشه‌های پتانسیل مواد معدنی باید در نظر گرفت این است که هرچه داده‌های ورودی به مدل‌های استفاده شده در ترکیب لایه‌ها کامل تر، دقیق تر و به واقعیت زمین نزدیک تر باشد، می‌توان انتظار خروجی واقع‌گرایانه تری را به شکل نقشه‌های پتانسیل داشت. به عبارت دیگر نقشه‌های پتانسیل غیرمستقیم نمایانگر کیفیت واقعیاتی است که در نقشه‌ها و داده‌های اولیه زمین‌شناسی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک،

منابع مورد استفاده :

- ۱- ابولمعالی. ش، علوی. م، زعیم فرحزادی. ن، ۱۳۷۷- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در محدوده برگه ۱:۱۰۰،۰۰۰ سقز.
- ۲- آزر م. ف، ۱۳۷۳- نتایج بررسی های کانی سنگین در برگه ۱:۵۰،۰۰۰ سقز.
- ۳- برنا. ب، بدخشان. ق، ۱۳۷۶- گزارش عملیات اکتشافی چکشی در ورقه ۱:۱۰۰،۰۰۰ سقز.
- ۴- حمدی. ب، ۱۳۷۴- سنگهای رسوبی پرکامبرین، کامبرین ایران.
- ۵- درویش زاده. ع، ۱۳۷۰- زمین شناسی ایران

6. Bonham- Carter, G.F., 1966, Geographic Information Systems for Geoscientists, Pergamon, 391p.