

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

رشته مهندسی معدن گرایش اکتشاف

پایان نامه کارشناسی ارشد

اکتشاف ذخایر سرب و روی با استفاده از مطالعات زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی و
روش‌های تلفیقی منطق فازی در محیط GIS
در برکه ۱:۱۰۰۰۰۰ گرگان و دامغان

نگارنده: سید امیر محمود رضویان

اساتید راهنما:

دکتر منصور ضیایی

دکتر سید رضا قوامی ریابی

استاد مشاور:

مهندس مهدی ضیایی

شهریور ۱۳۹۵

تشکر و قدردانی:

به نام آنکه جان را فکرت آموخت چراغ دل به نور دانش افروخت

شکر و سپاس خدای را که با الطاف ربانی اش توفیق داد تا این مجموعه را به پایان رسانده و از خداوند منان خواهان توفیق و سعادت همه پویندگان و رهروان علم و دانش را خواهانیم. پس از حمد و ثنای الهی و شکرگزاری به درگاه خداوند متعال به مصداق حدیث شریف:

مَنْ يَشْكُرِ الْمَخْلُوقَ ، لَمْ يَشْكُرِ الْخَالِقَ

اینک که حاصل همه تلاشها و تلمذ مثمر ثمر واقع شد بر خود فرض می دانیم که در کمال ادب و احترام مراتب سپاس و قدردانی خالصانه و صمیمانه را از همه کسانی که ما را در این وادی یاری نموده اند ابراز داشته به ویژه از: آقایان دکتر منصور ضیایی ، دکتر سید رضا قوامی ریابی و مهندس مهدی ضیایی از مشاوره و راهنمایی های بی شائبه این سروران در به تحقق رسیدن این پروژه بهره بردیم.

امید است با انجام این پژوهش بتوانیم خدمتی به جامعه پژوهشی ایران کرده باشیم

تعهد نامه

اینجناب سید امیر محمود رضویان دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی معدن گرایش اکتشاف از دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه کارشناسی ارشد تحت عنوان اکتشاف ذخایر سرب و روی با استفاده از مطالعات زمین شناسی، ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی و روش‌های تلفیقی منطق‌فازی در محیط GIS در بر گه ۱:۱۰۰۰۰۰ گرگان و دامغان تحت راهنمایی آقای دکتر منصور ضیایی و دکتر سید رضا قوامی ریایی متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجناب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه شاهرود» و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیرگذار بوده‌اند، در مقالات مستخرج از این پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آنها) استفاده شده است، ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) مربوط به دانشگاه شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

منطقه مورد مطالعه بین طول‌های جغرافیایی 54° تا $54^{\circ} 30'$ و عرض‌های جغرافیایی 36° تا 37° شمالی واقع شده است. محدوده‌ی مورد مطالعه که در یک کمر بند وسیع سرب و روی از شمال تا شمال شرق کشیده شده قرار دارد. این کمر بند مجن تا شه‌میرزاد معروف می‌باشد، ذخایر و معادن مهمی همچون معدن مجن، معدن آهوانو، معدن شه‌میرزاد را داراست. این ذخایر سرب و روی بیشتر از نوع تیپ می‌سی‌سی‌پی می‌باشند. هدف از انجام این مطالعه اکتشاف مناطق امیدبخش سرب و روی می‌باشد. از این رو در این پژوهش چهار لایه‌ی اطلاعاتی زمین‌شناسی، دورسنجی، ژئوفیزیک (مغناطیس‌هوایی) و ژئوشیمی رسوب‌آبراهه‌ای، برای تلفیق در محیط GIS انتخاب گردید. از نظر زمین‌شناسی سنگ‌میزبان ذخایر این تیپ از سرب و روی بیشتر دولومیت‌ها و سنگ‌های آهکی و کربناته می‌باشند و در ماسه‌سنگ رخنمون دارند و از کنترل‌کننده‌های مهم این ذخایر گسله‌ها و شکستگی‌ها می‌باشند. به همین دلیل برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی گرگان و دامغان رقومی شده و واحدهای کربناته، دولومیت‌ها و گسل‌ها در این منطقه تفکیک شدند. در مبحث دورسنجی با استفاده از تصاویر لندست ۷، مناطق کربناته جدا شده و این فرآیند با استفاده از تکنیک‌های آنالیز مولفه‌ی اصلی و نسبت‌های باندی انجام گرفت. همچنین با استفاده از نرم افزار Geomatica خطواره‌ها ترسیم شد. پردازش داده‌های مغناطیس‌هوایی با هدف آشکارسازی گسل‌ها در محیط نرم‌افزار GEOSOFT(OASIS MONTAJ) انجام شد. داده‌های ژئوشیمیایی بعد از انجام پیش‌پردازش‌های لازم از روش‌های تک‌متغیره، چندمتغیره و همچنین به منظور دستیابی به زمینه، حد‌آستانه و آنومالی از نرم افزار probplot و مدل‌سازی نمودار احتمال استفاده شده است. در نهایت، لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده با استفاده از روش منطق‌فازی در محیط (GIS) با هم تلفیق شده و نقشه‌ی مناطق امید بخش سرب و روی ارائه گردیده است. در نقشه پتانسیل مطلوب سرب و روی شیت دامغان، مناطق پرتانسیل در محدوده‌های ۱ و ۲ و ۳ با مساحت ۲۹ کیلومتر مربع که حدود ۱۵ درصد از کل منطقه مورد مطالعه معرفی شدند در نقشه پتانسیل مطلوب سرب و روی شیت گرگان، مناطق پرتانسیل در محدوده‌های ۱ و ۲ با مساحت ۹ کیلومتر مربع که حدود ۱۰ درصد از کل منطقه مورد مطالعه معرفی شدند که اولویت اول اکتشافی هستند.

کلید واژه : سرب و روی، منطق‌فازی، ژئوشیمی آبراهه‌ای، مغناطیس‌هوایی، دورسنجی

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات.....	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- پیشینه پژوهش.....	۳
۱-۳- اهداف و ضرورت انجام تحقیق.....	۵
۱-۳-۴- روش مطالعه.....	۵
۱-۵- ساختار پایان نامه.....	۶
فصل دوم: زمین شناسی منطقه	۷
۲-۱ مقدمه	۸
۲-۲- کانسارهای سرب و روی در زون البرز شرقی.....	۹
۲-۳- زمین شناسی شیت گرگان.....	۱۰
۲-۳-۱- موقعیت جغرافیایی آب و هوایی منطقه	۱۰
۲-۳-۲- زمین شناسی ناحیه ای گرگان.....	۱۱
۲-۳-۳- واحدهای رسوبی شیمیایی.....	۱۱
۲-۳-۴- واحدهای رسوبی تخریبی	۱۲
۲-۳-۵- واحدهای رسوبی شیمیایی - تخریبی	۱۲
۲-۳-۶- واحدهای ولکانیک اسیدی	۱۲
۲-۳-۷- واحد متشکل از سنگ های رسوبی شیمیایی، تخریبی و سنگ های ولکانیکی مافیک.....	۱۳
۲-۴- زمین شناسی شیت دامغان	۱۳
۲-۴-۱- زمین شناسی عمومی منطقه.....	۱۳
۲-۴-۲- موقعیت جغرافیایی و راه های ارتباطی	۱۴
۲-۵- ماگماتیسم و دگرگونی در منطقه.....	۱۴
۲-۶- بررسی واحدهای سنگی زمین شناسی دامغان.....	۱۴

۱۵	..... کواترنری ۱-۶-۲
۱۵	..... PLIO, PLIOS :۲-۶-۲
۱۵	..... ژوراسیک ۳-۶-۲
۱۵	..... کرتاسه ۴-۶-۲
۱۵	..... ائوسن ۵-۶-۲
۱۷	..... زمین‌شناسی ساختمانی و زمین‌ساخت گرگان و دامغان ۷-۲
۲۲	..... فصل سوم : مبانی دورسنجی
۲۳	..... ۳- مبانی سنجش از دور
۲۳	..... ۱-۳- مقدمه‌ای بر سنجش از دور
۲۵	..... ۳-۱-۱- طیف الکترومغناطیس
۲۶	..... ۳-۱-۲- منحنی رفتار طیفی
۲۷	..... ۳-۲- سنجنده TM و ETM+
۲۹	..... ۳-۳- ترکیب‌های رنگی
۲۹	..... ۳-۴- فاکتور شاخص بهینه‌سازی OIF
۳۲	..... ۳-۵- روش تقسیم باندی Band Ratio :
۳۵	..... ۳-۶- آنالیز مولفه‌های اصلی
۳۸	..... فصل چهارم: تفسیر داده‌های مغناطیس هوایی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ دامغان و گرگان
۳۹	..... ۴-۱- مقدمه
۴۰	..... ۴-۲- پردازش داده‌های مغناطیس‌هوایی
۴۱	..... ۴-۲-۱- تصحیح IGRF (میدان مرجع ژئو مغناطیس جهانی)
۴۳	..... ۴-۲-۲- نقشه‌ی باقی‌مانده
۴۵	..... ۴-۲-۳- مشتق تیلت
۴۸	..... ۴-۲-۴- مشتق افقی
۵۱	..... ۴-۳- نتیجه‌گیری

۵۳	فصل پنجم: ژئوشیمی آبراهه ای محدوده گرگان و دامغان
۵۴	۱-۵ مقدمه
۵۴	۲-۵ پردازش مقدماتی داده‌ها
۵۴	۳-۵ پردازش داده‌های خارج از حد آشکارسازی
۵۴	۴-۵ مقادیر خارج از ردیف
۵۷	۵-۵ آزمون نرمال بودن داده‌ها
۶۱	۶-۵ نرمال سازی داده‌ها
۶۵	۷-۵ تحلیل آماری تک متغیره
۶۷	۸-۵ رابطه ژنتیک بین پارامترهای آماری
۷۰	۹-۵ آنالیز خوشه‌ای
۷۱	۱۰-۵ روش آنالیز فاکتوری
۷۶	۱۱-۵ نمودار احتمال
۸۵	۱۲-۵ نتیجه‌گیری
۹۲	فصل ششم: تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS
۹۳	۱-۶-۱-منطق فازی
۹۳	۱-۶-۱-۱-عملگر "و"
۹۴	۱-۶-۲-عملگر فازی "یا"
۹۴	۱-۶-۳-حاصلرب جبری فازی
۹۴	۱-۶-۴-عملگر حاصل جمع جبری فازی
۹۵	۱-۶-۵-عملگر فازی گاما
۹۵	۲-۶-کلاسه‌بندی لایه‌ها
۱۰۹	۳-۶-مدل منطق فازی
۱۱۶	۴-۶-صحت سنجی مناطق دارای پتانسیل

۱۲۰	فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهاد.....
۱۲۱	۱-۷- نتیجه گیری.....
۱۲۳	۲-۷- پیشنهادات.....
۱۲۴	منابع:.....

فهرست اشکال

۱۶	شکل ۱-۲: نقشه رقومی شده گرگان و دامغان.....
۱۸	شکل ۲-۲: نقشه رقومی شده گسل‌های گرگان و دامغان.....
۲۰	شکل ۳-۲: نقشه سازندهای مهم شیت دامغان.....
۲۱	شکل ۴-۲: نقشه سازندهای مهم شیت گرگان.....
۲۵	شکل ۱-۳: طول موج انواع امواج الکترومغناطیس (فاطمی، س.،).....
۲۷	شکل ۲-۳: منحنی رفتار طیفی آب، پوشش گیاهی و خاک (صادقیان، ۱۳۸۳).....
۳۱	شکل ۳-۳: تصویر بدست آمده از بهترین ترکیب رنگی (۳،۴،۷).....
۳۳	شکل ۴-۳: نسبت باندی $r[r(5,2), (7,3)]$ کربنات‌ها به رنگ سفید روشن.....
۳۴	شکل ۵-۳: ترکیب باندی $RGB = 7, 1, 4$ کربنات‌ها به رنگ سفید مشخص شده‌اند.....
۳۶	شکل ۶-۳: با استفاده از ترکیب رنگی $RGB = Pc1,2,3$ مناطق کربناته به رنگ کرم مشخص شده‌اند.....
۳۷	شکل ۷-۳: خطواره استخراجی از نرم افزار Geomatica.....
۴۱	شکل ۱-۴: نقشه میدان مغناطیس کل دو برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ دامغان و گرگان.....
۴۳	شکل ۲-۴: نقشه پتانسیل مغناطیسی حاصل از اعمال تصحیح IGRF.....
۴۴	شکل ۳-۴: نقشه‌ی باقیمانده حاصل از اعمال فیلتر حذف روند (trend) با استفاده از برازش یک صفحه (درجه یک).....
۴۴	شکل ۴-۴: نقشه‌ی باقیمانده حاصل از اعمال فیلتر حذف روند (trend) با استفاده از برازش یک صفحه (درجه دو).....
۴۵	شکل ۵-۴: نقشه باقیمانده حاصل از اعمال فیلتر حذف روند (trend) با استفاده از برازش سطح مرتبه سوم.....
۴۷	شکل ۶-۴: نقشه‌ی حاصل از اعمال فیلتر مشتق زاویه‌ی تیلت.....
۴۹	شکل ۷-۴: نقشه‌ی حاصل از اعمال فیلتر مشتق افقی در راستای آزیموت ۴۵ درجه.....
۵۰	شکل ۸-۴: نقشه‌ی حاصل از اعمال فیلتر مشتق افقی در راستای آزیموت ۱۳۵ درجه.....

- شکل ۴-۹ : خطواره‌های استخراجی از نتایج مطالعات مغناطیس‌هوایی منطقه (بعد از اعمال فیلترهای تیلت و گرادیان افقی).
 ۵۲.....
- شکل ۵-۱ : موقعیت نمونه‌ها در محدوده‌ی مورد مطالعه.....
 ۵۶.....
- شکل ۵-۲: نمودار احتمال عنصر سرب واقع در شیت دامغان.....
 ۵۸.....
- شکل ۵-۳: نمودار احتمال عنصر روی واقع در شیت دامغان.....
 ۵۸.....
- شکل ۵-۴: نمودار احتمال عنصر وانادیوم واقع در شیت دامغان.....
 ۵۹.....
- شکل ۵-۵: نمودار احتمال عنصر روی واقع در شیت گرگان.....
 ۵۹.....
- شکل ۵-۶: نمودار احتمال عنصر سرب واقع در شیت گرگان.....
 ۶۰.....
- شکل ۵-۷: نمودار احتمال عنصر آرسنیک واقع در شیت گرگان.....
 ۶۰.....
- کل ۵-۸: داده‌های ژئوشیمیایی عنصر روی واقع در شیت دامغان.....
 ۶۲.....
- شکل ۵-۹: داده‌های ژئوشیمیایی عنصر سرب واقع در شیت دامغان.....
 ۶۲.....
- شکل ۵-۱۰: داده‌های ژئوشیمیایی عنصر وانادیوم واقع در شیت دامغان.....
 ۶۳.....
- شکل ۵-۱۱: داده‌های ژئوشیمیایی عنصر سرب واقع در شیت گرگان.....
 ۶۳.....
- شکل ۵-۱۲: داده‌های ژئوشیمیایی عنصر روی واقع در شیت گرگان.....
 ۶۴.....
- شکل ۵-۱۳: داده‌های ژئوشیمیایی عنصر آرسنیک واقع در شیت گرگان.....
 ۶۴.....
- شکل ۵-۱۴ : نمودار دندوگرام خوشه‌ای عناصر دامغان
 ۷۰.....
- شکل ۵-۱۵: نمودار دندروگرام خوشه‌ای عناصر گرگان.....
 ۷۱.....
- شکل ۵-۱۶: آنالیز فاکتوری ۲ شیت دامغان.....
 ۷۳.....
- شکل ۵-۱۷: آنالیز فاکتوری ۳ شیت گرگان.....
 ۷۵.....
- شکل ۵- ۱۸ : نمودار احتمال عنصر آرسنیک (ppm) واقع در شیت دامغان.....
 ۷۷.....
- شکل ۵- ۱۹: نمودار احتمال عنصر روی (ppm) واقع در شیت دامغان.....
 ۷۸.....
- شکل ۵- ۲۰: نمودار احتمال عنصر سرب (ppm) واقع در شیت دامغان.....
 ۷۹.....
- شکل ۵- ۲۱: احتمال عنصر روی (ppm) واقع در شیت گرگان.....
 ۸۰.....
- شکل ۵-۲۲: موقعیت عنصر آرسنیک واقع در شیت دامغان.....
 ۸۱.....

- شکل ۵-۲۳: موقعیت عنصر سرب واقع در شیت دامغان..... ۸۲
- شکل ۵-۲۴: موقعیت عنصر روی واقع در شیت گرگان..... ۸۳
- شکل ۵-۲۵: موقعیت عنصر روی واقع در شیت دامغان..... ۸۴
- شکل ۵-۲۶: موقعیت عنصر سرب واقع در شیت دامغان..... ۸۶
- شکل ۵-۲۷: موقعیت عنصر روی واقع در شیت دامغان..... ۸۷
- شکل ۵-۲۸: آنالیز فاکتوری دوم، واقع در شیت دامغان..... ۸۸
- شکل ۵-۲۹: نقشه شیت علی آباد منشا کانی سازی منطقه گرگان..... ۸۹
- شکل ۵-۳۰: موقعیت عنصر روی واقع در شیت گرگان..... ۹۰
-
- شکل ۵-۳۱: آنالیز فاکتوری سوم، واقع در شیت گرگان..... ۹۱
- شکل ۶-۱: لایه گسل وزن دار شده فازای شیت دامغان..... ۹۹
- شکل ۶-۲: لایه گسل وزن دار شده فازای شیت گرگان..... ۱۰۰
- شکل ۶-۳: لایه زمین شناسی وزن دار شده فازای، شیت دامغان..... ۱۰۱
- شکل ۶-۴: لایه زمین شناسی وزن دار شده فازای، شیت گرگان..... ۱۰۲
- شکل ۶-۵: عنصر روی وزن دار شده فازای واقع در شیت دامغان..... ۱۰۳
- شکل ۶-۶: عنصر آرسنیک وزن دار شده فازای در شیت دامغان..... ۱۰۴
- شکل ۶-۷: عنصر سرب وزن دار شده فازای واقع در شیت دامغان..... ۱۰۵
- شکل ۶-۸: آنالیز فاکتوری دوم وزن دار شده فازای واقع در شیت دامغان..... ۱۰۶
- شکل ۶-۹: عنصر روی وزن دار شده فازای واقع در شیت گرگان..... ۱۰۷
- شکل ۶-۱۰: آنالیز فاکتوری سوم وزن دار شده فازای واقع در شیت گرگان..... ۱۰۸
- شکل ۶-۱۱: نقشه پتانسیل مطلوب سرب و روی شیت دامغان، به روش منطق فازای با استفاده از عملگر AND..... ۱۱۲
- شکل ۶-۱۲: نقشه پتانسیل مطلوب سرب و روی شیت گرگان، به روش منطق فازای با استفاده از عملگر AND..... ۱۱۳
- شکل ۶-۱۳: نقشه پتانسیل مطلوب سرب و روی شیت دامغان، به روش منطق فازای با استفاده از عملگر گامای ۰/۹..... ۱۱۴
- شکل ۶-۱۴: نقشه پتانسیل مطلوب سرب و روی شیت گرگان، به روش منطق فازای با استفاده از عملگر گامای ۰/۹..... ۱۱۵
- شکل ۶-۱۵: معدن سرب و روی آهوانو..... ۱۱۷

- ۱۱۸.....۱۶-۶: رگه سرب و روی معدن آهوانو.....
- ۱۱۸.....شکل ۱۷-۶: راه ارتباطی سرب و روی منطقه آهوانو.....
- ۱۱۹.....شکل ۱۸-۶: گالن و اسفالریت.....
- ۱۱۹.....شکل ۱۹-۶: کالکوپیریت.....

فهرست جداول

- جدول ۱-۳: مشخصات باندهای **TM** و **ETM+** (فاطمی، ۱۳۸۹)..... ۲۸
- جدول ۲-۳: مقادیر ماتریس همبستگی ۶ باند مورد استفاده Landsat جهت بدست آوردن ترکیب بهینه (۷،۴،۳)..... ۳۰
- جدول ۵ - ۱: پارامترهای آماری داده‌های خام منطقه دامغان (۴۳۳ نمونه، مقادیر بر حسب ppm به جزء آهن که بر حسب درصد است)..... ۶۶
- جدول ۵ - ۲: پارامترهای آماری داده‌های خام عناصر شاخص منطقه گرگان (۳۸۵ نمونه که مقادیر بر حسب ppm به جزء آهن که بر حسب درصد است)..... ۶۶
- جدول ۳-۵: همبستگی دامغان به روش پیرسون..... ۶۸
- جدول ۴-۵: همبستگی دامغان به روش اسپیرمن..... ۶۸
- جدول ۵-۵: همبستگی گرگان به روش پیرسون..... ۶۹
- جدول ۶-۵: همبستگی گرگان به روش اسپیرمن..... ۶۹
- جدول ۷-۵: آنالیز فاکتوری دامغان..... ۷۲
- جدول ۸-۵: آنالیز فاکتوری گرگان..... ۷۴
- جدول ۱-۶: لایه‌های اطلاعاتی و کلاسه‌بندی شده شیت گرگان..... ۹۷
- جدول ۲-۶: لایه‌های اطلاعاتی و کلاسه‌بندی شده شیت دامغان..... ۹۸

فصل اول

کلیات

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)^۱، یک سیستم رایانه‌ای برای مدیریت داده‌های مکانی است. عامل مشخص‌کننده‌ای که این تکنولوژی را از سایر سیستم‌های ذخیره و بازیابی اطلاعاتی متمایز می‌کند، نحوه‌ی نگرش آن به داده‌های مکانی است. با این ویژگی، GIS به عنوان یک فناوری جدید، تبدیل به روشی پویا در تجزیه و تحلیل داده‌های کمی، کیفی و طراحی انواع تصاویر با مختصات جغرافیایی شده است (یوسفی و کامکار روحانی، ۱۳۸۹).

روش‌های تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش‌های دانش‌محور، روش‌های داده‌محور و روش‌های ترکیبی تقسیم می‌شوند (Bonham-Carter, 1994). روش‌های دانش‌محور مدل‌سازی پتانسیل معدنی در شروع عملیات اکتشاف در مناطقی که از لحاظ زمین‌شناسی مناسب بوده ولی در آن کار اکتشافی کم صورت گرفته، مناسب هستند. این روش‌ها عموماً در مناطقی که در آنجا هیچ ذخیره شناخته شده‌ای وجود ندارد یا تعداد ذخایر شناخته شده اندک است به کار می‌روند. واژه دانش‌محور اشاره به ارزیابی-کیفی^۲ وزن دادن^۳ به شواهد بر اساس مقایسه و قضاوت کارشناسی می‌باشد. روش‌های دانش‌محور شامل روش منطق فازی^۴ (An et., 1992) منطق بولین^۵، هم‌پوشانی شاخص^۶ (Harris, 1989) عکس فاصله^۷ توابع برآورد و تحلیل سلسله مراتبی^۸ می‌باشند. (یوسفی و کامکار روحانی، ۱۳۸۹).

روش داده‌محور شامل روش‌های چندمتغیره شامل رگرسیون لجستیکی^۹ (Chung & Agterburg, 1980)، شبکه‌ی عصبی مصنوعی^{۱۰}، تحلیل مطلوبیت^{۱۱}،

¹ Geigraphic Information System

² Qualitative

³ Weighting

⁴ Fuzzy logic

⁵ Boolean logic

⁶ Index overiai

⁷ Invers distance

⁸ Analytical hierarchy process

⁹ Logistic regression

¹⁰ Artificial neuralnetworks

¹¹ Favorability analysis

تحلیل ویژگی^۱، تحلیل جداسازی^۲، تحلیل ضریب درست نمایی^۳، طبقه بندی شبکه بیزین^۴، وزن های نشان گر توسعه یافته^۵ و روش ماشین برداری پشتیبان^۶ می باشند. (Carranza, 2008).

منطق فازی در بررسی های گسترده ای از جمله اکتشاف نهشته های آهن (An et al., 1991)، اکتشاف نهشته های نوع میسی سی پی (Eddy et al., 1995) و همچنین اکتشاف نهشته های طلای اپی ترمال (Eddy et al., 1995) در تهیه نقشه پتانسیل معدنی مورد استفاده قرار می گیرد.

۱-۲- پیشینه پژوهش

اقدامات توسعه یافته ای به خصوص در ایران در ارتباط با تلفیق داده های ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی به کمک نقشه های زمین شناسی در مناطق متعددی به منظور پتانسیل یابی مواد معدنی اعم از سرب و روی، آهن، مس در مناطق مستعد به لحاظ کانی زایی و تمرکز یافتن عملیات اکتشافی در منطقه ی مورد اکتشاف به کمک علم GIS، صورت گرفته است که از آن جمله می توان به اکتشاف ذخایر سرب و روی با استفاده از سامانه ی اطلاعات جغرافیایی (GIS) اشاره کرد (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۷۹ و An et al., 1991)، که در ابتدای امر، پس از تولید نقشه هایی شامل نقشه های زمین شناسی به لحاظ وجود و یا عدم وجود گسل، درزه و شکستگی و سایر ویژگی های توپوگرافی منطقه و نقشه های کنتری به لحاظ کانی زایی (با برداشت ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی متعدد)، از آنها (نقشه های مذکور) در روند تلفیق داده های ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی استفاده شده است (Harris et al., 2001). تاکنون در ایران حدود ۶۰۰ کانسار و آثار معدنی سرب و روی شناخته شده است که در

¹Characreristic analysis

²Discriminate analysis

³ Likelihood ratio analysis

⁴Bayesian network classifiers

⁵Exended Weights-of-Evidence

⁶Support vector machine

۱۵۰ مورد از آنها فعالیت استخراجی نیز صورت گرفته است که می‌توان به انگوران، کوشک، نخلک اشاره کرد. در منطقه شرق و شمال دامغان معادن متعددی وجود دارند که در گذشته مورد بهره برداری سنتی قرار گرفته اند، ولی در حال حاضر متروکه بوده (به جز معادن مجن و آهوانو) و احتمالاً مطالعه دقیق روی آنها صورت نگرفته است (قربانی و همکاران، ۱۳۷۹).

سابقه معدن کاری در این مناطق به حدود ۲۰ تا ۳۰ سال قبل برمی‌گردد از جمله کارهای انجام شده در دهه ی اخیر در منطقه توران موارد زیر را ذکر کرد:

کثیری (۱۳۸۶) به مطالعه مدل سه بعدی با استفاده از مطالعات زمین‌شناسی و حفاری و تلفیق آن در محیط Rockworks در منطقه سرب و روی تاش مجن پرداخت که مقدار ذخیره را مشخص نمود و نشان داد و نشان داد که این روش نمی‌تواند به تنهایی آنومالی‌ها را آشکارسازی کند. فلاح پیشه (۱۳۸۷) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود در منطقه تاش و مجن نشان داد که پساب‌های اسیدی ناشی از انباشت و دپوی مواد معدنی و باطله‌های همراه آنها در مناطق اطراف معدن به احتمال زیاد توانسته‌اند مناطق نسبتاً وسیعی از مناطق پایین دست محدوده معدنکاری را تا فاصله بیش از ۳۵۰ متری دهانه معدن با گسترش عرضی ۲۰ تا ۴۰ متر تا عمق حدود ۳۰ متر در حد قابل توجهی آلوده نمایند که این زون‌های آلوده احتمالی در مقاطع الکتریکی حاصل از مدل سازی داده های VLF و مقاومت ویژه به صورت زون‌های رسانا نمایان می‌باشند که البته برای تایید نهایی نیاز به بررسی‌های بیشتری دارند. فرودست (۱۳۸۷) در طرح تحقیقاتی خود به مطالعه کانی‌شناسی و ژنز کانسار سرب و روی برفکه پرداخت و مشخص نمود که تیپ آن از نوع دره می‌سی‌سی بوده است و همچنین مشخص نمود نمود که در آهک‌ها و در درزه و شکستگی‌ها تشکیل شده‌اند. محمودی نیاز (۱۳۸۹) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود به مطالعه کانی‌شناسی و ژنز کانسار سرب و روی یورت بابا پرداخت و با استفاده از مطالعات زمین‌شناسی، بافتی، کانی‌شناسی، میانبارهای سیال و ایزوتوپی حاکی از آن است که تشکیل و تمرکز این کانسار رسوبی- دیاژنتیک بوده ولی بخشی از تمرکز کانسار بصورت اپی‌ژنتیک و در حفرات و شکستگی‌ها بعدی صورت گرفته است و نهایتاً از نظر ژنتیکی کانسار یورت

بابا را می توان در زیرگروه دره می سی سی پی غنی از روی تقسیم بندی نمود که در یک حوضه فورلند تشکیل شده است.

۱-۳- اهداف و ضرورت انجام تحقیق

هدف از انجام این پروژه ارائه ی نقشه ی پتانسیل مطلوب ذخایر سرب و روی منطقه ی مورد مطالعه می باشد که این مهم طی تلفیق چندین لایه ی اطلاعاتی صورت می پذیرد. برای انجام این کار لایه های زمین شناسی، ژئوشیمیایی، دورسنجی، مغناطیس هوایی و چگالی گسل ها تهیه می گردد. در این فرآیند هر یک از لایه ها بطور جداگانه مورد تعبیر و تفسیر قرار می گیرد که تفسیر هر یک از این لایه ها نیازمند مطالعات دقیق می باشد. به کمک مطالعات زمین شناسی، ژئوشیمیایی، دورسنجی و مطالعات ژئوفیزیکی، احتمال وجود و یا عدم وجود مناطق امیدبخش به لحاظ تراکم ذخایر سرب و روی در منطقه ی مورد مطالعه را می توان به تصویر کشید.

پس از تهیه ی لایه های اطلاعات و رقومی کردن آنها با استفاده از روش های دانش محور و نیز داده محور، نقشه ی پتانسیل مطلوب منطقه ی مورد مطالعه ارائه می گردد. برای سنجش مطلوبیت هر یک از نقشه ها از محدوده تاش تا آهوان و مناسب ترین مناطق برای ادامه ی فعالیت های اکتشافی به صورت یک نقشه تهیه می شود. ضمن اینکه هزینه های اکتشافی سرشکن می شود، نقاط بهینه ی حفاری با بدست آوردن مناطق امیدبخش به لحاظ پتانسیل مطلوب معدنی در منطقه ی مورد مطالعه مشخص می گردد و از بازه ی زمانی عملیات اکتشافی نیز کاسته می شود. مناطقی بهینه برای تمرکز عملیات اکتشافی خواهد بود. (لازم به ذکر است انتخاب برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ گرگان به این دلیل است که از شرق به معدن تاش و مجن و همچنین ادامه سازندهایی که در آن پتانسل ذخیره سازی سرب و روی تاش و مجن وجود دارد در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ گرگان مشاهده می شود).

۳-۴- روش مطالعه

از عوامل مهم کنترل کننده‌ی کانی‌سازی در منطقه می‌توان به گسل‌ها و شکستگی‌ها و نیز حفرات موجود در سنگ‌آهک برای تجمع مواد معدنی اشاره کرد که سنگ‌میزبان آنها آهک و آهک دولومیتی می‌باشد. به همین لحاظ این کانسارها را به عنوان همراهی سنگ‌آهک با سرب و روی مورد بررسی قرار می‌دهند.

- رقومی سازی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ گرگان و دامغان در محیط GIS به منظور تفکیک واحدهای لیتولوژیکی در ارتباط مستقیم یا غیر مستقیم با کانی سازی.

- پردازش داده‌های سنجنده ETM⁺ به منظور شناسایی واحدهای سنگی و خطواره‌ها.

- پردازش داده‌های ژئوشیمی منطقه.

- پردازش داده‌های ژئوفیزیکی (مغناطیس‌هوایی) منطقه در مقیاس ناحیه‌ای.

- تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش منطق‌فازی جهت تهیه نقشه پتانسیل مطلوب سرب و روی.

در این پایان‌نامه به دلیل کم بودن اندیس‌های معدنی از روش‌های داده‌محور استفاده نشده است. همچنین از روش‌های دانش‌محور فقط روش منطق‌فازی بهترین نتیجه را ارائه داده است.

۱-۵- ساختار پایان‌نامه

پایان‌نامه حاضر مشتمل بر هفت فصل می‌باشد که به جز فصل اول کلیات به صورت زیر ارائه می‌گردد:

در فصل دوم انواع کانسارهای سرب و روی میسی‌سی‌پی و زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در فصل سوم به کلیاتی در مورد دورسنجی و پردازش داده‌های ماهواره ای ETM⁺ منطقه خواهیم پرداخت.

در فصل چهارم پردازش داده‌های مغناطیس‌هوایی منطقه پرداخته می‌شود در فصل پنجم ژئوشیمی و آنالیز و پردازش و بررسی داده‌ها به روش‌های تک‌متغیره و چندمتغیره، و تشخیص

آنومالی‌ها با استفاده از نرم‌افزار Probplot در فصل ششم با تلفیق داده‌های مرتبط در مبحث

اکتشافی به روش منطق‌فازی، نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر سرب و روی را استخراج نموده است. در فصل آخر نتیجه‌گیری و پیشنهادات این تحقیق ارائه خواهد شد.

فصل دوم

زمین‌شناسی منطقه

۲-۱- مقدمه

که کانسارهای سرب و روی دره‌ی میسی‌سی‌پی منابع اصلی سرب و روی در آمریکا و اروپا می‌باشند. در ایران نیز کانسارهای نخلک (انارک) و انگوران (زنجان) از نوع دره‌ی میسی‌سی‌پی شناخته شده‌اند (یعقوب‌پور، ۱۳۶۶).

این نوع کانسار سرب و روی نام خود را از آن دسته از کانسارهای سرب و روی ایالات متحده که در ایالات واقع در نزدیکی بخش‌های بالایی و میانی رودخانه‌ی میسی‌سی‌پی قرار دارند، گرفته‌اند. کانسارهای نوع دره‌ی میسی‌سی‌پی از جمله کانسارهای چینه‌کران محسوب می‌شوند، یعنی آنکه به بخشی خاص از ستون چینه‌شناسی یک منطقه محدود می‌شوند، مثلاً در کانسار نخلک (شمال انارک)، کانسارسازی سرب به صورت رگه‌هایی، عمدتاً محدود به سنگ‌های کرتاسه (ماسه‌سنگ، ماسه‌سنگ آهکی، کنگلومرا و آهک‌های ماسه‌ای) است. سنگستر (۱۹۷۶)، کانسارهای فلزات پایه‌ی موجود در سنگ‌های کربناتی را به دو گروه تقسیم نموده است:

۱. کانسارهای نوع دره‌ی میسی‌سی‌پی

۲. کانسارهای نوع آلپی

نوع اول که لایه‌کران است، در مناطق پلاتفرمی یافت می‌شود و بعد از انسجام سنگ‌های میزبان جایگزین شده است و کانسارهای نوع آلپی که لایه‌ای شکل می‌باشد، در مناطق چین‌خورده یافت می‌شوند و همزمان با رسوب‌گذاری تشکیل شده‌اند. البته باید توجه داشت که در بعضی از کانسارهای سرب و روی موجود در سنگ‌های آهکی به کانسارهای نوع ایرلندی موسوم‌اند، طیفی از خصوصیات همزادی و لایه‌ای مشهود است (ایوانز، ۱۹۷۶). لذا قراردادن تمام کانسارهای آهکی لایه‌کران در دو گروه اخیر امکان‌پذیر نیست. نوعی دیگر از این کانسارها، سنگ میزبانان ماسه‌سنگی است و کانسارسازی آن، سرب (گالن) می‌باشد. لذا همانطور که ملاحظه می‌شود در مورد خصوصیات عمومی

این کانسارها سردرگمی بسیاری وجود دارد. معمولا کانسارهای سرب و روی که در درجه حرارت پایین تشکیل می‌شوند و سنگ میزبان آن‌ها کربناتی است به کانسارهای نوع دره‌ی میسی‌سی‌پی موسوم‌اند، لیکن سنگستر (۱۹۷۶)، این کانسارها را به دو گروه اصلی یعنی کانسارهای نوع دره‌ی میسی‌سی‌پی و کانسارهای نوع آلپی تقسیم می‌نماید. از فلزات دره می‌سی‌سی‌پی می‌توان به سرب، روی، کادمیوم و ژرمانیوم اشاره داشت و گالن (کم نقره)، اسفالریت (فقیر از لحاظ آهن و غنی از کادمیوم)، باریت و فلوریت از انواع کانه‌های این نوع کانسار می‌باشد و باطله‌های این کانسار، کلسیت و دولومیت، \pm باریت، \pm فلوریت است و این نوع کانسار بعد از سنگ‌های دربرگیرنده تشکیل می‌شود.

کربنات‌های دانه درشت مهم‌ترین میزبان برای کانسارهای MVT و مخازنی برای هیدروکربن‌ها هستند. پلت فورم‌های کربناته با دانه‌بندی درشت و خرد شده و یا کربنات‌های کارستی شده همراه با تخلخل ثانویه زیاد و نفوذپذیر، محل‌های مناسبی برای ته نشست سولفید می‌باشند. عمدتاً کانسارهای MVT در دولومیت‌ها بیش از سنگ آهک‌ها جایگزین می‌شوند و کانسارهای با میزبانی دولومیت معمولا بزرگتر بوده و مقادیر بیشتری از سرب و روی و نقره نسبت به بقیه سنگ‌های میزبان، دارند. دولومیت به عنوان سنگ میزبان اولویت اول برای کانی‌زایی است، که احتمالا علت نفوذپذیری بیشتر آن به جریان سیالی در مقایسه با سنگ آهک می‌باشد. بیشتر کانسارهای MVT دارای یک کانی‌شناسی ساده متشکل از کانی‌های سولفیدی اولیه که غالبا با اسفالریت، گالن و سولفیدهای آهن همراه است، می‌باشند. پارامترهای مناسب اکتشاف این نوع کانی‌سازی عبارتند از (بیاری، ۱۳۹۰).

- حضور ماسه سنگ قاعده‌ای اکسید شده در مقیاس ناحیه‌ای.

- حضور آبخوان‌های ناحیه‌ای، به ویژه آبخوان‌هایی که ارتباط هیدرولوژیک با بخش جلویی کوهزایی دارند.

- حضور ریف و رخساره‌های سدی.

- حضور آبخوان های ناحیه‌ای با قابلیت آب دهی پایین (شیل و سنگ آهک ریزدانه‌ای ناحیه ای) با آبخوان های زیرین و زبرین.

- تغییر تدریجی سریع رسوبات حوضه‌ای به رسوبات در تماس با پی سنگ (یعنی برجستگی‌های پی - سنگی) و تغییر رخساره‌ای (شیل به کربنات و رخساره‌های پشت ریفی به رخساره‌های جلوی ریفی)

- حضور دولومیت هیدروترمال اسپارای ناحیه‌ای

- نشانگرهای دمای ناحیه ناهنجار که با رخساره‌های آذرین ارتباط ندارند.

۲-۲- کانسارهای سرب و روی در زون البرز شرقی

کانسارهای سرب و روی در این منطقه خود به سه دسته تقسیم شده اند که به قرار زیر است:

۱. نواحی غرب و شمال غرب دامغان، شامل کانسارهای چهار دره، زالی، کله، و ... می باشد.
۲. نواحی اطراف شاهرود، شامل کانسارهای یورت بابا، سیاه دره، برفکه و می باشد.
۳. ناحیه شهمیرزاد - افتر، شامل کانسارهای سرلش، آبگرم، دربند، شهمیرزاد و ... می باشد. (قربانی و همکاران، ۱۳۷۹).

۲-۳- زمین شناسی شیت گرگان

۲-۳-۱- موقعیت جغرافیایی آب و هوایی منطقه

منطقه مورد مطالعه بین طول‌های جغرافیایی 54° تا $54^{\circ} 30'$ و عرض‌های جغرافیایی 36° تا 37° شمالی واقع شده است. شهرستان گرگان در شرق استان گلستان واقع شده است. منطقه مورد مطالعه از شرق به شهرستان‌های گنبد و علی آباد، از غرب به شهرستان‌های بندر ترکمن و کردکوی و از جنوب به ارتفاعات شاهکوه شهرستان شاهرود و دامغان در استان سمنان محدود می‌شود.

ناحیه گرگان از نظر توپوگرافی شامل دو بخش کوهپایه‌ای و جلگه‌ای می‌باشد. بخش کوهپایه در قسمت جنوبی قرار داشته و مهم‌ترین ارتفاعات آن قله شاهکوه با ارتفاع ۳۷۵۰ متر و قله شاهوار با ارتفاع ۳۹۴۰ متر است. بخش جلگه‌ای در شمال منطقه و در ادامه دشت گرگان قرار گرفته است. کوه شاهوار با ارتفاع ۳۹۴۰ متر و نواحی اطراف بندر ترکمن با ارتفاع ۲۵- متر به ترتیب مرتفع‌ترین و پست‌ترین نقطه منطقه مورد مطالعه می‌باشند. رودهای گرگان، قره سو، کفشگیری و زیارت مهم‌ترین رودهای این منطقه هستند که به دریای خزر می‌ریزند.

آب و هوای این ناحیه معتدل خزری (مدیترانه‌ای) بوده و متوسط بارش سالانه آن از نواحی باختری مازندران کمتر و حدود ۶۰۰ میلیمتر گزارش شده است. شهرستان گرگان از دو بخش مرکزی و آق-قلعه تشکیل شده است. شهر آق‌قلعه در شمال شهرستان گرگان قرار دارد و دارای آب و هوای معتدل است و رود گرگان از آن می‌گذرد.

برگه ۱:۱۰۰،۰۰۰ گرگان از چهار برگه ۱:۵۰،۰۰۰ به نام‌های گرگان، زیارت، درازنو و بندر ترکمن تشکیل شده است.

۲-۳-۲- زمین شناسی ناحیه ای گرگان

به طور خلاصه می‌توان تمام واحدهای زمین شناسی موجود در برگه ۱:۱۰۰،۰۰۰ گرگان را بصورت واحدهای زیر دسته بندی و خلاصه نمود :

- ۱- واحدهای رسوبی شیمیایی
- ۲- واحدهای رسوبی تخریبی
- ۳- واحدهای رسوبی شیمیایی - تخریبی
- ۴- واحدهای ولکانیک مافیک
- ۵- واحدهای ولکانیک اسیدی

۶- واحدهای دگرگونی

۷- واحدهای مرکب از سنگ های رسوبی شیمیایی - تخریبی و مافیک ولکانیک

۸- واحدهای آبرفتی

در اینجا به شرح هر یک از واحدهای فوق می پردازیم

۲-۳-۳- واحدهای رسوبی شیمیایی

II : واحد II (سازند لار) سنگ آهک و دولومیت توده‌ای به سن ژوراسیک فوقانی تشکیل شده است. این واحد از گسترش نسبتاً وسیعی در شمال برکه‌های زیارت و درازنو برخوردار است و در سایر قسمت‌های برکه ۱:۱۰۰,۰۰۰ گرگان نیز مشاهده می‌شود.

K_u^1 :: این واحد شامل سنگ آهک اینوسراموس دار و سنگ آهک مارنی قلوهای با سن کرتاسه فوقانی می‌باشد که در بخش جنوبی برکه ۱:۱۰۰,۰۰۰ گرگان گسترش دارد.

۲-۳-۴- واحدهای رسوبی تخریبی

Js : این واحد (سازند شمشک) به سن ژوراسیک از کنگلومرا، ماسه سنگ و شیل تشکیل شده و عدسی‌های زغالی در آن مشاهده می‌شود. رخنمون وسیعی از این واحد در بخش شمال خاوری تا مرکز برکه ۱:۵۰,۰۰۰ زیارت وجود دارد.

PI^C : این واحد به سن پلیوسن از کنگلومرا و ماسه سنگ تشکیل شده و معادل سازند هزار دره است. رخنمون این واحد در بخش خاوری برکه ۱:۵۰,۰۰۰ زیارت مشاهده می‌شود.

QPI^C : سن این واحد پلیوپلیئستوسن - کواترنر بوده و از کنگلومرا و ماسه سنگ تشکیل شده است. این واحد رخنمون اندکی در گوشه جنوب باختری برکه ۱:۵۰,۰۰۰ درازنو دارد.

Q^{SC} : واحد Q^{SC} به سن کواترنر و متسکل از رس سیلتی - ماسه‌ای و رس می‌باشد. رخنمون این واحد در بخش خاوری برگه ۱:۵۰,۰۰۰ درازنو و گوشه جنوب باختری برگه زیارت مشاهده می‌شود.

۲-۳-۵- واحدهای رسوبی شیمیایی - تخریبی

K_u^2 : این واحد به سن کرتاسه فوقانی از گسترش نسبتاً وسیعی در بخش خاوری برگه ۱:۵۰,۰۰۰ درازنو برخوردار بوده و از سنگ‌آهک، سنگ‌آهک ماسه‌دار و ماسه‌سنگ تشکیل شده است.

۲-۳-۶- واحدهای ولکانیک اسیدی

Ek^t : سنگ‌های تشکیل دهنده این واحد عبارتند از: توف، شیل‌های توفی که به طور محلی با سنگ‌های آتشفشانی همبری دارند. سن این واحد ائوسن بوده و رخنمون کمی از آن در بخش باختری برگه ۱:۵۰,۰۰۰ زیارت در حوالی رودخانه چهارباغ مشاهده می‌شود.

۲-۳-۷- واحد متشکل از سنگ‌های رسوبی شیمیایی، تخریبی و سنگ‌های-

ولکانیکی مافیک

Dkh: این واحد (سازند خوش ییلاق) به سن دونین از ماسه‌سنگ، شیل، سنگ‌آهک، دیاباز، گچ، سنگ‌آهک‌مارنی و کنگلومرای قاعده‌ای تشکیل شده و رخنمون‌های آن در برگه ۱:۵۰,۰۰۰ زیارت قابل مشاهده است.

۲-۴- زمین‌شناسی شیت دامغان

۲-۴-۱- زمین‌شناسی عمومی منطقه

قدیمی‌ترین رخنمون‌های سنگی این محدوده مربوط به پرکامبرین و ازجنس شیل، ماسه‌سنگ و دولومیت (سازند باروت) است که گسترش محدود آن در حاشیه جنوبی گسل عطاری قرار دارد.

واحد‌های ژوراسیک (لار، دلیجای و شمشک) و دونین کربونیفر(جیرود) گسترش قابل توجهی در این ناحیه دارند. سن سنگ درون گیر تمرکزهای معدنی این ناحیه متعلق به دونین، دونین - کربونیفر زیرین، پرمین و ژوراسیک می‌باشد. از سوی دیگر رخنمون‌های محدودی از توده‌های نفوذی یا حتی سنگ‌های آتشفشانی در نواحی اطراف منطقه‌ی مورد مطالعه وجود دارد. عوامل کنترل‌کننده‌ی کانه-سازي معمولاً محلول‌های گرمابی کانه‌ساز و همچنین شکستگی‌ها و فضای خالی به عنوان کانال‌های حمل مواد معدنی هستند که به اشکال رگه‌ای، رگچه‌ای و افشان، یا پاراژنز سولفور - اکسید در منطقه تظاهر دارند. مواد معدنی از نوع گالن، سروزیت، اسفالریت و اسمیت‌زونیت به همراه کلسیت و گاه فلوتورین، باریت و لیمونیت می‌باشد. از مهم‌ترین معادن منطقه می‌توان به آهوانو، تویه‌دروار، شخاب اشاره داشت.

در ناحیه‌ی مورد بررسی، تعداد زیادی معادن متروکه سرب و روی وجود دارد که در نزدیکی آن‌ها کارهای قدیمی (شدادی) و سرباره‌های کوره ذوب دیده می‌شود و دال برپتانسیل معدنی در این منطقه می‌باشد که متأسفانه این معادن هیچگاه تحت بررسی سیستماتیک زمین‌شناسی و کانی‌شناسی قرار نگرفته‌اند(سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات مواد معدنی کشور)

۲-۴-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی

منطقه‌ی مورد مطالعه در شمال ایران (استان سمنان - شمال غرب تا غرب دامغان) و در رشته کوه- های البرز واقع می‌باشد. از نظر زون‌های ساختاری این محدوده به صورت مستطیلی است که قسمت غربی آن در زون البرز مرکزی و قسمت شرقی آن در زون بینالود (البرز شرقی) و بخشی از قسمت جنوبی آن در بخش شمالی زون ایران مرکزی واقع شده است. وسعت این محدوده حدود ۳۵۰۰ کیلومتر مربع است که بین طول‌های جغرافیایی $53^{\circ}, 45'$ تا $54^{\circ}, 20'$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $35^{\circ}, 55'$ تا $36^{\circ}, 25'$ شمالی قرار دارند. مهم‌ترین روستاهای منطقه چهارده، تویه دروار و آهوانو می-

باشد. دسترسی به معادن و کانسارهای این ناحیه با استفاده از جاده‌ی خاکی دامغان _ کلاته، جاده‌ی آسفالتی دامغان _ چشمه علی _ چهارده و نیز جاده‌ی آسفالتی و شوسه دامغان _ تویه دروار امکان پذیر است.

۲-۵- ماگماتیسیم و دگرگونی در منطقه

ماگماتیسیم و دگرگونی در منطقه، گسترش بسیار اندک دارد، چرا که هیچ نوع سنگ نفوذی، یا نیمه ژرف در منطقه دیده نشده است، ولی سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب بازیکی تا متوسط با گسترش محدودی گزارش شده‌اند. وجود افق لاتریتی در سنگ‌های پرمین، تکاپوی آتشفشانی فاز هرسنین و همچنین وجود سنگ‌های آتشفشانی (عموماً بازالت) درون سازند شمشک را نیز می‌توان نشانه وجود فاز کیمبرین پیشین در نظر گرفت. با توجه به آنچه گفته شد دگرگونی در این ناحیه اهمیت چندانی ندارد (قربانی و همکاران، ۱۳۷۹).

۲-۶- بررسی واحدهای سنگی زمین‌شناسی دامغان

بر اساس نقشه زمین‌شناسی دامغان واحدهای سنگی از جدید به قدیم می‌باشد.

۲-۶-۱- کواترنری

Q^{sc}: این واحد شامل رس ماسه‌ای و سیلت‌دار، رس می‌باشد.

۲-۶-۲: PLIO, PLIOS

Q-pl^c: این واحد شامل سنگ جوش، ماسه‌سنگ می‌باشد.

PLC: این واحد شامل سنگ جوش، ماسه‌سنگ می‌باشد.

۲-۶-۳- ژوراسیک

ال: این واحد شامل سنگ آهک، دولومیت توده‌ای می‌باشد.

JS: این واحد شامل شیل، ماسه‌سنگ همراه با عدسیه‌های زغال‌سنگ می‌باشد.

۲-۶-۴- کرتاسه

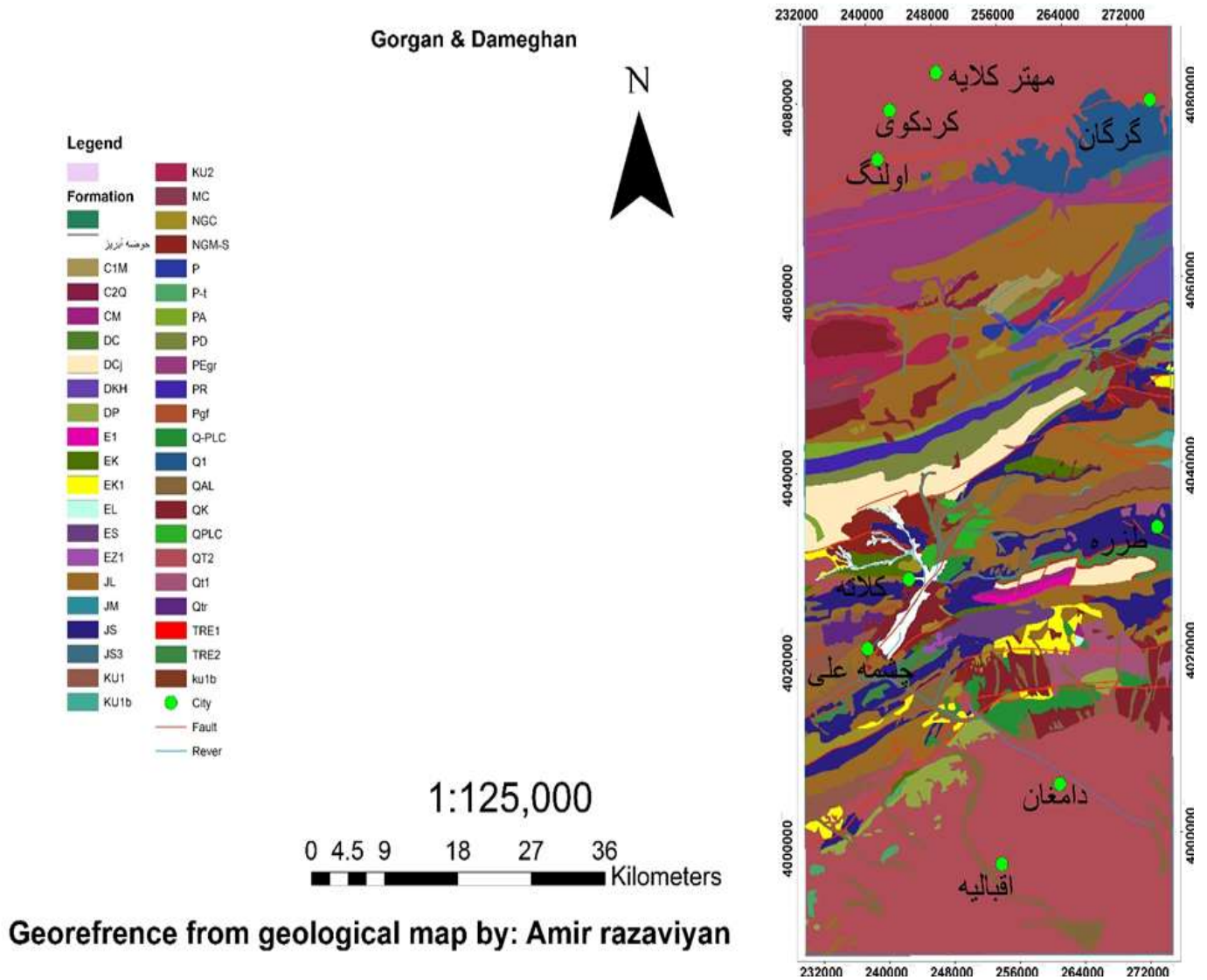
Ku¹: این واحد شامل سنگ آهک اینوسراموس‌دار، سنگ آهک مارنی قله‌ای می‌باشد.

Ku²: این واحد شامل سنگ آهک، سنگ آهک ماسه‌دار، ماسه‌سنگ می‌باشد.

۲-۶-۵- ائوسن

EK^t: این واحد شامل توف، شیل‌های توفی، بطور محلی با سنگ‌های آتشفشانی می‌باشد.

شکل (۱-۲)، نقشه زمین‌شناسی رقومی شده گرگان و دامغان از روی نقشه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافی کشور

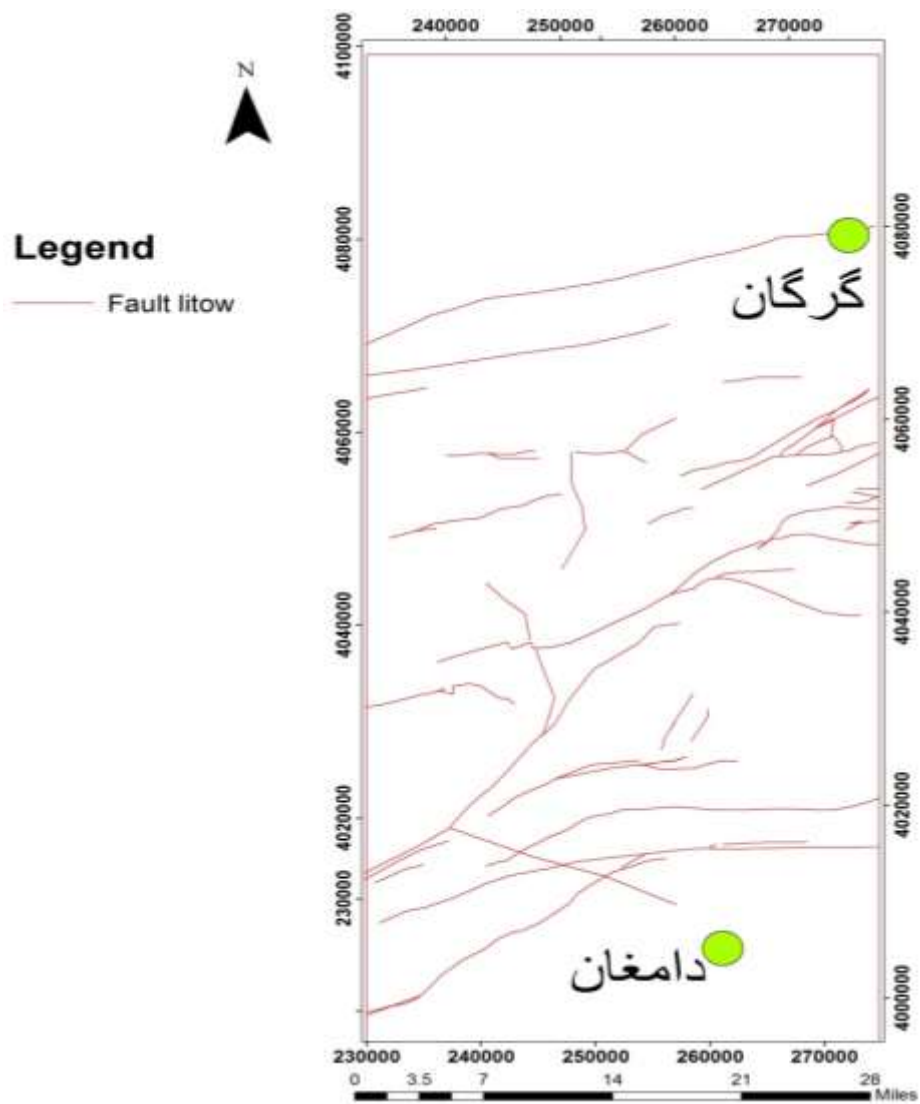


شکل ۱-۲: نقشه رقومی شده گرگان و دامغان

۷-۲- زمین‌شناسی ساختمانی و زمین‌ساخت گرگان و دامغان

از نظر زمین‌شناسی ساختمانی و ریخت‌زمین‌ساختی، محدوده کنسارهای مورد بررسی بصورت مستطیلی است که حاشیه غربی آن درزون البرز مرکزی و حاشیه شرقی آن در زون بینالود (البرز شرقی) و نیز حاشیه جنوبی آن در بخش شمالی زون البرز مرکزی واقع شده است، روند کلی کوه‌های البرز شمال شرقی - جنوب غربی می‌باشد که از روند کالدونی ایران پیروی کرده است. زون بینالود از نگاه جغرافیایی دنباله کوه‌های البرز است و به همین علت گاهی آن را جزء واحد زمین‌ساختی البرز قرار داده‌اند.

در این ناحیه چندین تاقدیس و ناودیس وجود دارد که بوسیله گسل‌ها و راندگی‌ها دچار گسیختگی شده‌اند. راندگی در قسمت شمالی بیشتر به طرف شمال می‌باشد ولی در قسمت جنوب البرز نظم خاصی دیده نمی‌شود و شیب راندگی‌ها به هر دو طرف شمال یا جنوب دیده شده است. گسل‌های چندی در ناحیه دیده می‌شود که برخی از آن‌ها گسترش منطقه‌ای دارند این گسل‌ها عبارتند از: گسل نمکه، گسل چشمه علی، گسل طزره، گسل دامغان، گسل عطاری (قربانی و همکاران، ۱۳۷۹). گسل البرز که از شرق گرگان تا لاهیجان بین واحد گرگان تا رشت و البرز قرار دارد و روند آن از روند البرز مرکزی تبعیت می‌کند. این گسل از سیلورین یا قبل از آن فعالیت داشته و شمال آن فاقد سنگهای ائوسن است، ولی رخساره‌های دریایی میوسن شمال آن با البرز تفاوت دارد که گسل‌های منطقه رقمی شده از روی نقشه زمین‌شناسی در شکل ۲-۲ آورده شده است.



شکل ۲-۲: نقشه رقومی شده گسل‌های شیت گرگان و دامغان

با توجه به شواهد زمین‌شناسی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی دامغان چند منطقه مهم سرب و روی معرفی می‌شوند عبارتند از (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور).

۱- واحد آهکی ژوراسیک (سازند دلیچای لار) در جنوب تا جنوب‌باختر روستای آهوانو حاوی کانی-سازی سرب و روی می‌باشد.

۲- واحد آهکی کرتاسه و پرمین در شمال شهر دامغان و حد فاصله مزرعه طالو - مزرعه شیربند حاوی کانسار سرب و روی نوع (MVT) می‌باشد.

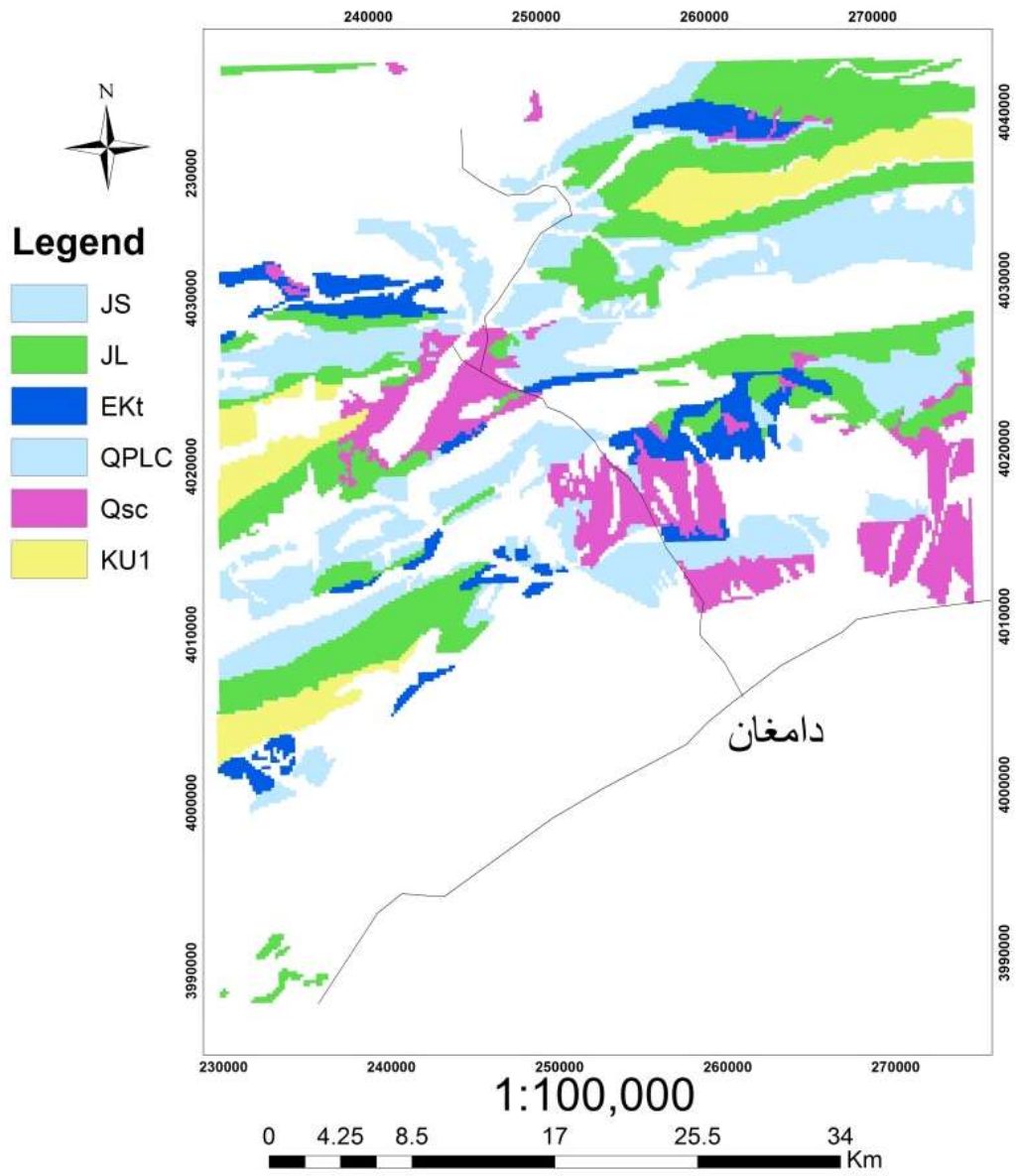
۳- واحدهای آهکی الیکا در محدوده طزره - آبرندان حاوی کانی‌سازی فلوتوریت- باریت- سرب - استرانسیوم (MVT) می‌باشد.

۴- واحدهای آهکی الیکا در کوه‌پیش‌سر واقع در جنوب چشمه‌علی در برگیرنده کانی‌سازی فلوتوریت - باریت- سرب - استرانسیوم (MVT) می‌باشد.

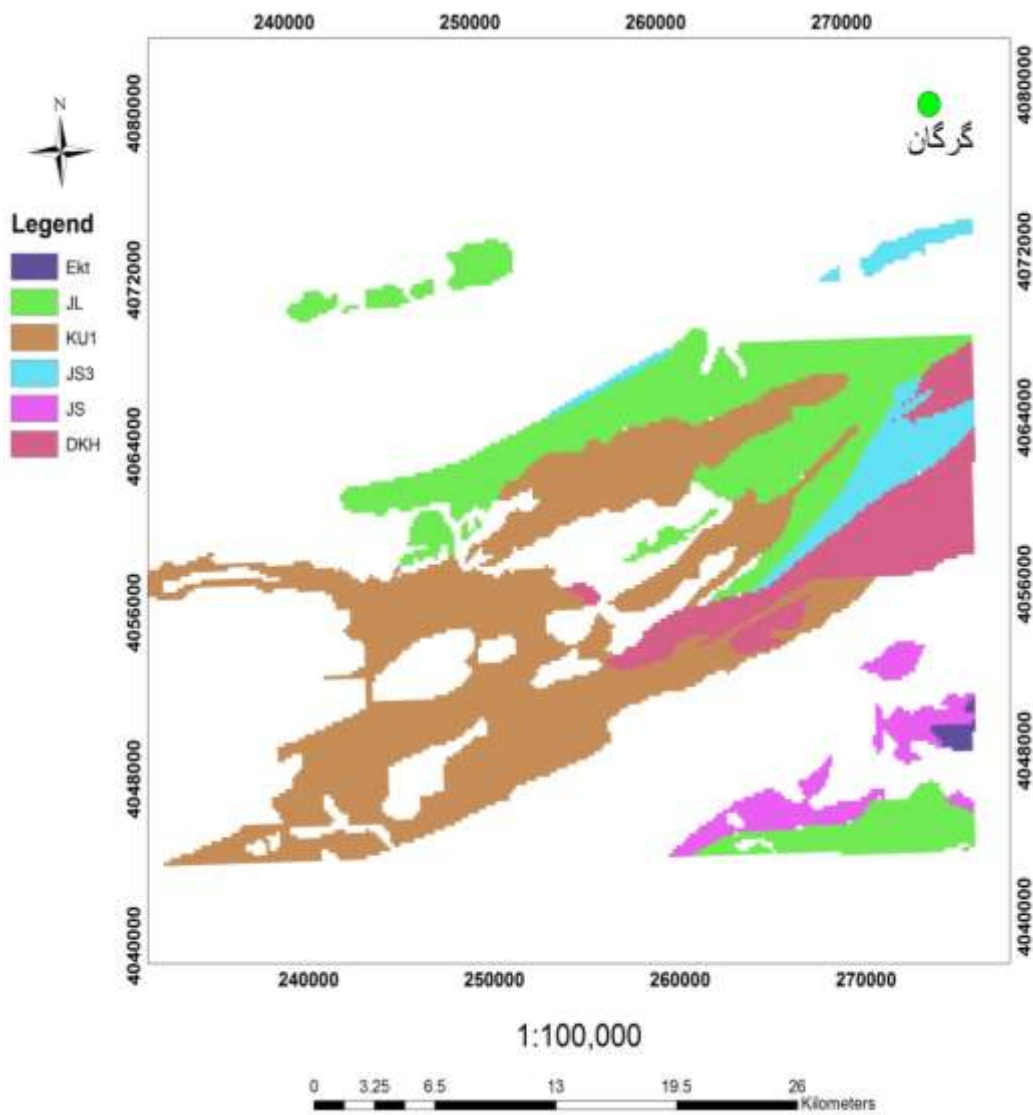
۵- واحدهای آهکی الیکا در چزرکوه واقع در باختر ورقه دامغان در برگیرنده کانی‌سازی فلوتوریت - باریت- سرب - استرانسیوم (MVT) می‌باشد.

(احتمالاً حرارت حاصل از منشاهای آذرین در تشکیل نوع دره‌ی میسی‌سی‌پی حائز اهمیت است (لارسن، ۱۹۷۷).

سازندهای مهم گرگان و دامغان با استفاده از مطالعات زمین‌شناسی، و مطالعات ژئوشیمیایی در فصل پنجم، که در آنها کانی‌سازی سرب و روی در درزه‌ها و شکاف صورت گرفته در اشکال (۲-۳ تا ۲-۴) آورده شده است. (در خصوص زمین‌شناسی شیت گرگان با استفاده از مطالعات زمین‌شناسی سرب و روی تاش مجن، و با توجه به این که این معدن در شیت علی‌آباد در سازند لار واقع است (کثیری، ۱۳۸۶) این سازند در شیت گرگان ادامه دارد و همچنین کربنات‌های شیت گرگان مورد توجه قرار گرفته است).



شکل ۲-۳: نقشه سازندهای مهم شیت دامغان



شکل ۲-۴: نقشه سازندهای مهم شیت گرگان

فصل سوم :

مبانی دورسنجی

۳- مبانی سنجش از دور

۳-۱- مقدمه‌ای بر سنجش از دور

سنجش از دور^۱ از زمره روش‌های جمع‌آوری داده محسوب می‌شود که در آنها تماس مستقیم فیزیکی با اشیاء مورد اندازه‌گیری در حداقل ممکن نگه داشته می‌شود. در مقابل روش‌های زمینی که در آنها عامل انسانی وظیفه تفسیر و برداشت را بر عهده دارد و معمولاً در تماس مستقیم یا با فاصله کم از اشیاء انجام می‌شود، در سنجش از دور، جمع‌آوری داده بر عهده سنجنده است (Sabins, 1997).. در این فصل با استفاده از ترکیب رنگی و آنالیز مولفه اصلی و نسبت باندهای سازندهای کریناته جداسازی شده و خطواره‌ها توسط نرم‌افزار Geomatica رسم شده است.

بر اساس این تعریف و همچنین روند جاری در سنجش از دور می‌توان یک سیستم سنجش از دور را بر مبنای دو بخش تعریف کرد: ۱- بخش جمع‌آوری داده‌ها ۲- بخش استخراج اطلاعات.

حاصل بخش جمع‌آوری داده‌ها، داده‌های سنجش از دوری هستند که به شکل تصاویر، عکس‌ها، داده‌های ارتفاعی و نظایر آنها به کاربران ارائه می‌شوند. این بخش از چهار عنصر اساسی تشکیل شده است: ۱- منبع انرژی ۲- اتمسفر ۳- اشیاء و پدیده‌ها ۴- سنجنده (فاطمی نصرآبادی، ۱۳۸۵).

منبع انرژی^۲ موج الکترومغناطیس را تولید می‌کند و آن را از طریق اتمسفر به سمت اشیاء گسیل می‌دهد. در اغلب اوقات منبع انرژی خورشید است ولی در بعضی از سیستم‌های سنجش از دور منبع انرژی همان سنجنده است. موجی که از منبع انرژی به سمت اشیاء حرکت می‌کند در راه خود از واسطه‌ای به نام اتمسفر می‌گذرد. اثرات مهم اتمسفر بر روی انرژی ارسالی عبارتند از: جذب و تفریق. اثر اتمسفر بر روی تصاویر گاه بسیار قابل توجه است. برای گریز از جذب اتمسفری سنجنده‌ها معمولاً به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که در محدوده‌های جذبی اتمسفر قرار نمی‌گیرند.

قسمتی از موج الکترومغناطیس پس از تعامل با اتمسفر سرانجام به اشیاء می‌رسد. موج به شیء

¹ Remote Sensing

² Energy Source

برخورد می‌کند و قسمتی از آن انعکاس می‌یابد، قسمتی جذب می‌شود و قسمتی از شیء عبور می‌کند. قسمت انعکاس یافته دوباره از طریق اتمسفر به سمت فضای بیرون هدایت می‌شود و قسمتی از آن به سنجنده می‌رسد. قسمتی از انرژی که توسط شیء جذب می‌شود باعث تغییرات حرارتی در آن شده و در نهایت منجر به انتشار^۱ مقداری انرژی الکترومغناطیس می‌گردد که بخشی از آن توسط سنجنده قابل دریافت و اندازه‌گیری است. سنجنده‌ها از دیدگاه منبع انرژی به دو دسته تقسیم می‌شوند: سنجنده‌های فعال^۲ و غیرفعال^۳. سنجنده‌های غیرفعال آن دسته از سنجنده‌ها هستند که از خورشید به عنوان منبع انرژی استفاده می‌کنند. در مقابل این سنجنده‌ها سیستم‌های فعال قرار می‌گیرند. این سیستم‌ها منبع انرژی را به همراه دارند و به همین خاطر از وابستگی به خورشید رها هستند و از اتمسفر تاثیر بسیار کمی می‌پذیرند. سنجنده‌های راداری جزء سیستم‌های فعال سنجش از دور محسوب می‌شوند (فاطمی نصرآبادی، ۱۳۸۵).

حاصل تعامل چهار مولفه یاد شده، تصویری است که در اختیار بخش استخراج اطلاعات قرار می‌گیرد. تصویر در این بخش تحت یکسری پردازش و تصحیح قرار می‌گیرد تا برای آنالیز آماده شود. تصحیح اتمسفری، رادیومتری و هندسی از متداول‌ترین این پردازش‌ها هستند. در مرحله بعد تصویر مورد آنالیز قرار می‌گیرد تا اطلاعات مورد نیاز آن استخراج شود. آنالیز تصاویر را از لحاظ نظری می‌توان نگاشتی از تصویر به فضای اطلاعات دانست که به دو صورت تفسیر بصری (روش سنتی) و روش‌های کامپیوتری انجام می‌پذیرد. در نتیجه آنالیز تصاویر، اطلاعات مورد نیاز از تصاویر استخراج می‌شوند. معمولاً این اطلاعات نیاز به یک سری پس‌پردازش دارند تا علاوه بر بالا رفتن دقت آنها برای ورود به سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی آماده شوند (فاطمی نصرآبادی، ۱۳۸۵).

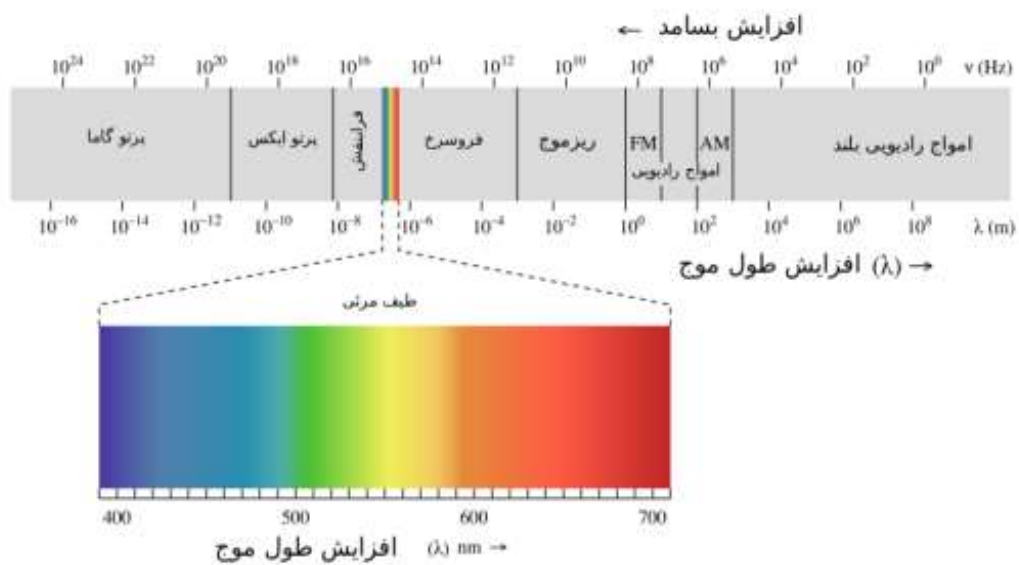
¹ Radiation

² Active

³ Passive

۳-۱-۱- طیف الکترومغناطیس

به مجموعه کل طول موج‌های امواج الکترومغناطیس که در کنار یکدیگر و به ترتیب خاصی قرار گرفته‌اند طیف الکترومغناطیس^۱ گویند. این طیف از اشعه گاما شروع شده و به امواج رادیویی ختم می‌شود (شکل ۳-۱). سنجنده‌های سنجش از دوری در بخش‌های مختلفی از این طیف عمل می‌کنند.



شکل ۳-۱: طول موج انواع امواج الکترومغناطیس (فاطمی، س.،)

در دنیای سنجش از دور دامنه‌های مختلف طیف الکترومغناطیس دارای اسامی خاصی هستند که در متون فنی و علمی از آنها به وفور استفاده می‌شود. بخش مرئی^۲ آشناترین بخش طیف الکترومغناطیس است، که طول موج‌های 0.4μ تا 0.7μ را پوشش می‌دهد. چشم ما قادر به تشخیص این امواج می‌باشد. طول موج‌های کوچکتر از 0.4μ به سه دسته عمده تقسیم می‌شوند که عبارتند از اشعه گاما، اشعه X و اشعه‌های فرابنفش. به علت تفریق و جذب اتمسفری در این بخش این طول موج‌ها در

¹ Electromagnetic Spectrum

² Visible

سنجش از دور فضایی استفاده نمی‌گردند. بخش مادون قرمز^۱ از انتهای بخش مرئی شروع شده و به طول موج‌های حدود ۱mm ختم می‌گردد. یکی از مهم‌ترین بخش‌های مادون قرمز، مادون قرمز حرارتی^۲ است و به آن دسته از طول موج‌ها اطلاق می‌گردد که در اثر حرارت اجسام تولید شده و تابیده می‌شوند. بخش امواج ماکروویو دامنه‌ای از ۱mm تا ۱۰۰۰ را شامل می‌شود. این دسته از امواج به علت طول موجشان قابلیت نفوذ در ابرها و شرایط اتمسفری نامناسب (مثل بارندگی) را دارند، به همین خاطر در سیستم‌های تصویربرداری راداری از آن‌ها استفاده می‌شود (فاطمی، ۱۳۸۵).

هر بخش باریک پیوسته از طیف الکترومغناطیس را باند می‌نامند. هر سنجنده می‌تواند از یک تا صدها باند داشته باشد. بسته به اینکه باند مذکور در کدام یک از بخش‌های طیف قرار بگیرد به همان نام، نامیده می‌شود. به عنوان مثال باند ۱ تا ۳ که باند مربوط به طیف الکترومغناطیس مرئی است بین ۰/۴ تا ۰/۷ μ می‌باشد و باند مادون قرمز نزدیک در طیف ۰/۷۶ μ تا ۰/۹ μ قرار می‌گیرد که اطلاعات دقیق‌تر آن در ادامه توضیح داده می‌شود (Dehnavi, 2010).

۳-۱-۲ - منحنی رفتار طیفی

مقدار انرژی که به سنجنده می‌رسد بستگی زیادی به چگونگی تعامل انرژی و جسم دارد. اگر برای هر جسم مقدار انرژی منعکس شده از کل انرژی رسیده به جسم را در طول موج‌های مختلف اندازه‌گیری و آنها را به صورت یک نمودار ترسیم نماییم، منحنی حاصل را منحنی رفتار طیفی^۳ می‌گویند. محور افقی این نمودار، نماینگر درصد انرژی بازگشتی است (شکل ۳-۲).

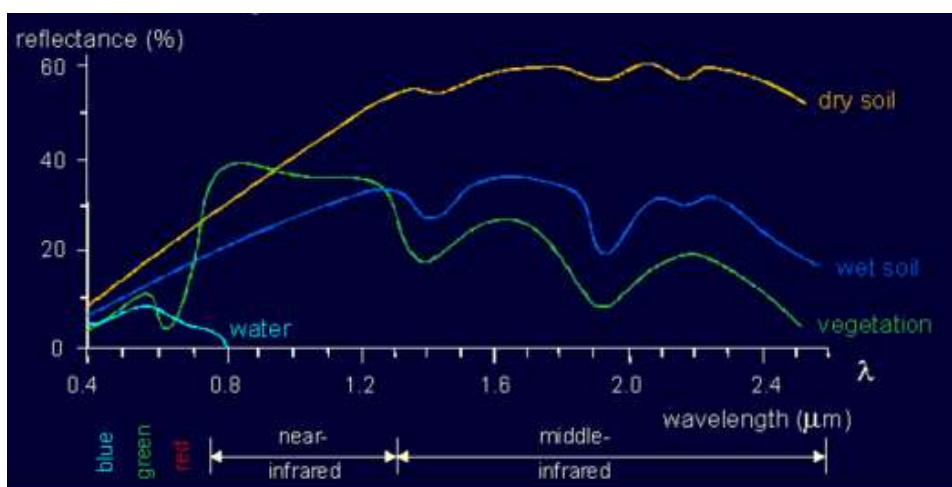
اندازه‌گیری این انرژی‌ها می‌تواند در آزمایشگاه و یا در محیط‌های واقعی انجام پذیرد. پس از ترسیم منحنی رفتار طیفی اطلاعات بسیار زیادی راجع به شیء و چگونگی ظاهر شدن آن در تصویر می‌توان بدست آورد. به عنوان مثال اگر بدانیم که باند ۴ سنجنده TM در بخش مادون قرمز نزدیک قرار دارد، آنگاه انتظار داریم که مناطق روشن‌تر در تصویر این باند متعلق به پوشش گیاهی باشد، چرا که

³ Infrared

¹ Thermal Infrared

² Spectral Signature

پوشش‌های گیاهی در این باند انرژی نسبتاً زیادی را از خود منعکس می‌سازند (فاطمی، ۱۳۸۹).



شکل ۳-۲: منحنی رفتار طیفی آب، پوشش گیاهی و خاک (صادقیان، ۱۳۸۳).

۳-۲- سنجنده TM و ETM+

سنجنده TM^۱ اولین بار بر روی ماهواره LANDSAT 4 در ۱۹۸۲ میلادی قرار گرفت. گرچه نمونه هوابرد آن قبلاً ساخته شده و مورد آزمایش قرار گرفته بود. این سنجنده از نوع اسکنرهای Wiskbroom محسوب می‌شود که از یک آینه نوسان کننده برای برداشت عوارض استفاده می‌کند. انرژی دریافتی توسط آینه، به ۱۶ آشکار ساز از سطح زمین برداشت می‌شود. هر آشکارساز تقریباً مربعی به ابعاد ۳۰×۳۰ متر بر روی زمین را پوشش می‌دهد که بنابراین با هر نوسان ۴۸۰ متر از سطح زیر پای سنجنده تصویربرداری می‌شود. TM از لحاظ طیفی دارای ۷ باند است که به ازای هر باند ۱۶ آشکارساز تعبیه شده است. دامنه طیفی باندهای TM در جدول ۳-۱ ارائه شده است.

¹Thematic Mapper

جدول ۳-۱: مشخصات باندهای TM و ETM+ (فاطمی، ۱۳۸۹).

Band	TM	ETM+
۱	۰/۴۵ - ۰/۵۲ μm blue	۰/۴۵ - ۰/۵۲ μm blue
۲	۰/۵۲ - ۰/۶ μm green	۰/۵۳ - ۰/۶۱ μm green
۳	۰/۶۳ - ۰/۶۹ μm red	۰/۶۳ - ۰/۶۹ μm red
۴	۰/۷۶ - ۰/۹ μm NIR	۰/۷۵ - ۰/۹ μm NIR
۵	۱/۵۵ - ۱/۷۵ μm SWIR	۱/۵۵ - ۱/۷۵ μm SWIR
۶	۱۰/۴ - ۱۲/۵ μm TIR	۱۰/۴ - ۱۲/۵ μm TIR
۷	۲/۰۸ - ۲/۳۵ μm SWIR	۱/۲ - ۲/۳۵ μm SWIR
۸		۰/۵۲ - ۰/۹ μm panchromatic

ابعاد تصاویر TM معمولا 185×185 کیلومتر هستند که با اندازه پیکسل ۳۰ و یا $28/5$ متری به کاربران ارائه می‌گردند. بجز باند ۶ که باند حرارتی است و ابعاد پیکسل آن ۱۲۰ متر می‌باشد. از لحاظ رادیومتریکی نیز تصاویر TM ۸ بیتی ثبت می‌شوند که برای بسیاری از کاربردها مناسب هستند. تعداد باندهای این سنجنده باعث شده است تا از لحاظ طیفی بتوان اطلاعات بسیار زیادی را از آنها استخراج نمود و به همین خاطر تصاویر این سنجنده از پرکاربردترین تصاویر در دنیای سنجش از دور می‌باشد و تقریبا در تمامی شاخه‌های کاربردی سنجش از دور استفاده شده‌اند (فاطمی، ۱۳۸۹).

TM در سال ۱۹۹۹ میلادی به ETM+ تغییر نام داد و بر روی LANDSAT 7 قرار گرفت. این سنجنده نسبت به TM دارای یک باند پانکروماتیک اضافه در محدوده $0/9 - 0/52$ میکرومتر با اندازه

پیکسل تقریباً ۱۵ متری می‌باشد. علاوه بر این اندازه پیکسل باند ۶ نیز نصف شده و به ۶۰ متر بهبود پیدا کرده است.

۳-۳- ترکیب‌های رنگی

با توجه به ساختمان چشم انسان مشخص می‌شود که تمامی رنگ‌های تولید شده برای نمایش باید در دامنه مرئی قرار گیرد و از تئوری فضای رنگی سه بعدی تبعیت کند. این تئوری بیان می‌دارد که برای یک رنگ حداکثر سه درجه آزادی وجود دارد. بر این اساس فضاهای رنگی مختلفی طراحی و پیشنهاد شده‌اند که از معروفترین آنها فضای رنگی RGB، HSI و CYM را می‌توان نام برد که سیستم رنگی RGB مورد استفاده در مانیتورهای معمولی است و از سه رنگ اصلی قرمز، سبز و آبی جهت تولید تمامی رنگها استفاده می‌کند (Dehnavi, 2010).

۳-۴- فاکتور شاخص بهینه‌سازی OIF

هدف در اینجا پیدا کردن قطع شدگی‌ها و تغییرات ناگهانی واحدهای سنگی است. از آنجا که برای ساختن یک تصویر RGB به صورت ساده، سه باند مورد نیاز است، (هاشمی تنگستانی، ۱۳۸۲) از ۶ باند، ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۷ (به جز باند حرارتی ۶) برای ترکیب (غیرتکراری) از رابطه ترکیب استفاده می‌شود:

$$C(n, r) = n! / r!(n - r)! \quad (1-3)$$

که n تعداد کل باندها (۶) و r تعداد باندها در هر ترکیب (۳) است که بیست ترکیب باندی بدست آمد. برای یافتن ترکیب موردنظر، از رابطه OIF کمک گرفته می‌شود:

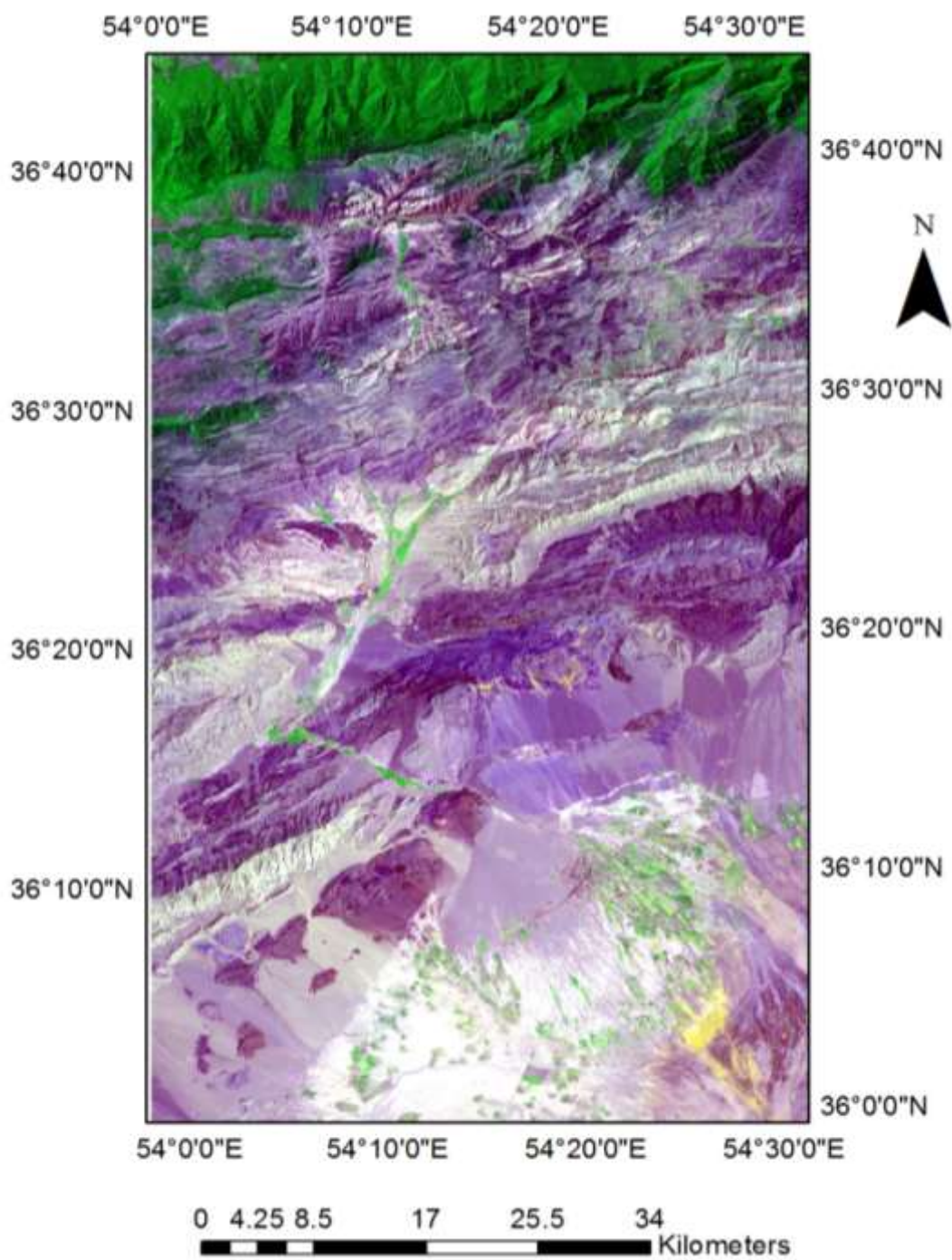
$$OIF = \frac{\sum_{k=1}^r s_k}{\sum_j^r Abs} \quad (2-3)$$

OIF یا Optimum Index Factor¹، پارامتری می‌باشد که مجموع S_k یا Standard-Deviation (انحراف معیار) k باند را نسبت به مجموع $Abs(r_{ij})$ یا Correlation Matrix Value (مقدار ماتریس همبستگی) همان باندها محاسبه می‌کند (سلطانی، ۱۳۸۸). به این ترتیب اگر OIF را برای هر کدام از ترکیبات سه گانه ممکن حساب کنیم، بزرگترین عدد بین ۲۰ حاصل تقسیم، ترکیب موردنظر خواهد بود با توجه به جدول (۳-۲). پس از محاسبه مقادیر در پایان ترکیب ۷،۴،۳ انتخاب شد. (باند ۳ به قرمز، باند ۴ به سبز و باند ۷ به آبی اختصاص داده شد). با توجه به شکل (۳-۳).

جدول ۳-۲: مقادیر ماتریس همبستگی ۶ باند مورد استفاده Landsat جهت بدست آوردن ترکیب بهینه (۷،۴،۳)

ترکیب باندی	مجموع انحراف معیار	مجموع ماتریس همبستگی	OIF
1,2,3	97/51	2/91	33/51
1,2,4	82/23	2/66	30/91
1,2,5	93/95	2/88	32/62
1,2,7	91/55	2/87	31/90
1,3,4	96/02	2/59	37/07
1,3,5	107/74	2/85	37/80
1,3,7	105/34	2/85	36/96
1,4,5	92/46	2/64	35/02
1,4,7	90/06	2/55	35/31
1,5,7	101/78	2/84	35/83
2,3,4	101/31	2/6	38/96
2,3,5	113/03	2/9	38/97
2,3,7	110/63	2/91	38/01
2,4,5	97/75	2/64	37/02
2,4,7	95/35	2/56	37/24
2,5,7	107/07	2/89	37/04
3,4,5	111/54	2/6	42/9
3,4,7	109/14	2/53	43/13
3,5,7	120/86	2/9	41/67
4,5,7	105/58	2/59	40/76

¹ Optimum Index Factor



شکل ۳-۳: تصویر بدست آمده از بهترین ترکیب رنگی (۳،۴،۷).

۳-۵- روش تقسیم باندهای Band Ratio :

یکی از روشهای رایج در پردازش تصویر روش Band Ratio می‌باشد. این روش اثرات توپوگرافی و سایه‌ها را از بین برده و یکسری از نویزها را افزایش و سری دیگری را کاهش می‌دهد. علاوه بر آن اختلاف بین درجات روشنایی را آشکار کرده و مرزها را مشخص‌تر می‌سازد. بنابراین برای جدا کردن مرز واحدهای سنگی و تشخیص سنگ‌ها بکار می‌رود. با شناخت خصوصیات انعکاسی پدیده‌های مختلف و با استفاده از روش فوق می‌توان پدیده‌های مختلف را بارز ساخت (Sabins, 1997).

۳-۵-۱- نسبت‌های طیفی برای جداسازی دولومیت

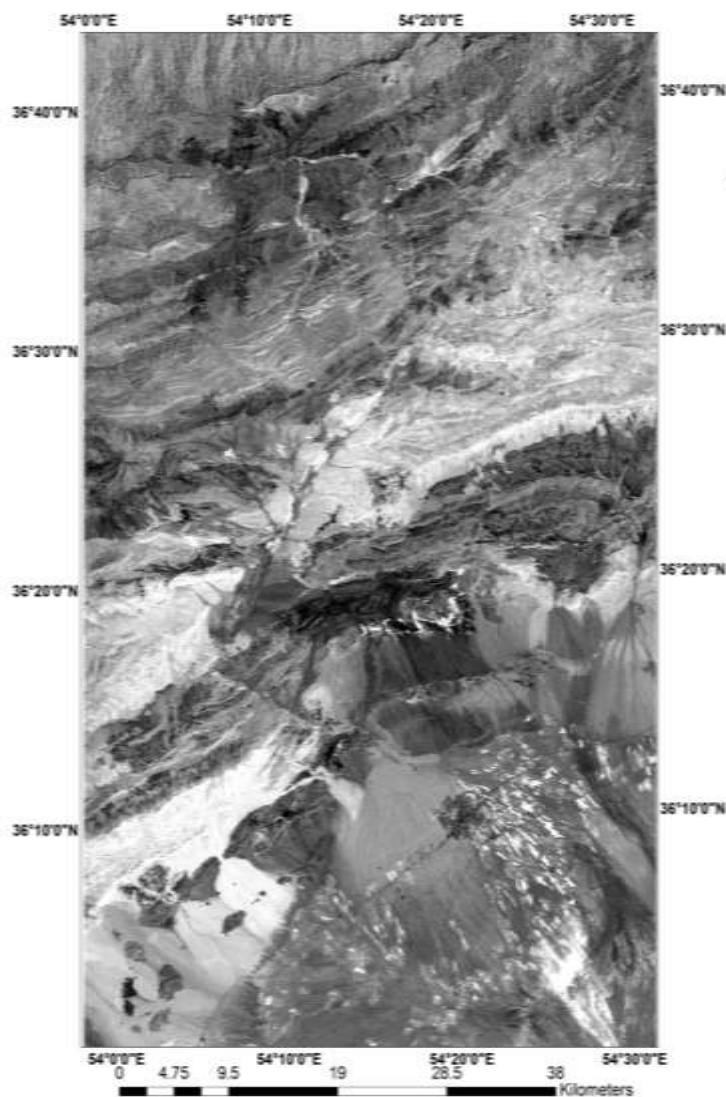
- الف- $r[r(5,2), r(7,5)]$
- ب- $r[r(5,2), r(7,4)]$
- ج- $r[r(5,2), r(7,3)]$

لازم به ذکر است که منظور از نسبت (7,5) یعنی نسبت باند 7 به باند 5 و منظور از نسبت آورده شده درالف نسبت $r(5,2)$ به $r(7,5)$ می‌باشد.

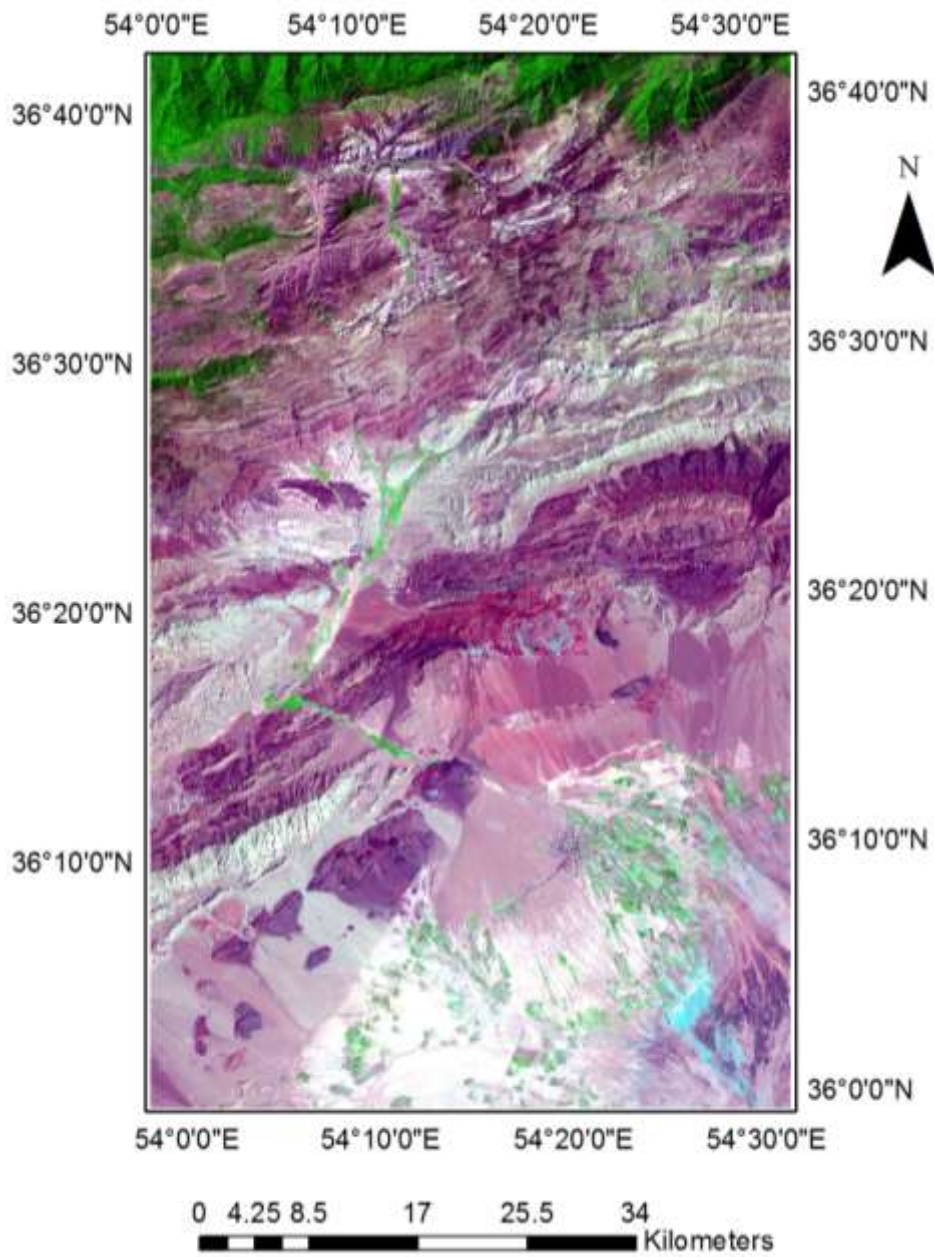
۳-۵-۲- نسبت‌های طیفی برای جداسازی آهک:

- الف- $r[r(4,3), r(4,1)]$
- ب- $r[r(4,3), (3,2)]$
- ج- $r[r(4,3), r(3,1)]$

در تصاویر مربوط به نسبت‌های تفکیک دولومیت، روشن‌ترین منطقه مشخصه دولومیت و همچنین برای تصاویر مربوط به آهک روشن‌ترین منطقه مشخصه آهک می‌باشد (قائدرحمتی، ۱۳۸۳). با توجه به شکل (۳-۴) با استفاده از نسبت بانندی $r[r(5,2),(7,3)]$ کربنات‌های منطقه مشخص شده که به رنگ سفید روشن می‌باشند. با مطالعه ویژگی‌های طیفی ترکیب رنگی $R,G,B=7,4,1$ بخوبی مناطق آهکی و دولومیتی را می‌توان تفکیک کرد (عسکری، ۱۳۸۳). با توجه به شکل (۳-۵) کربنات‌ها به رنگ سفید مشخص شده‌اند.



شکل ۳-۴ : نسبت بانندی $r[r(5,2),(7,3)]$ کربنات‌ها به رنگ سفید روشن

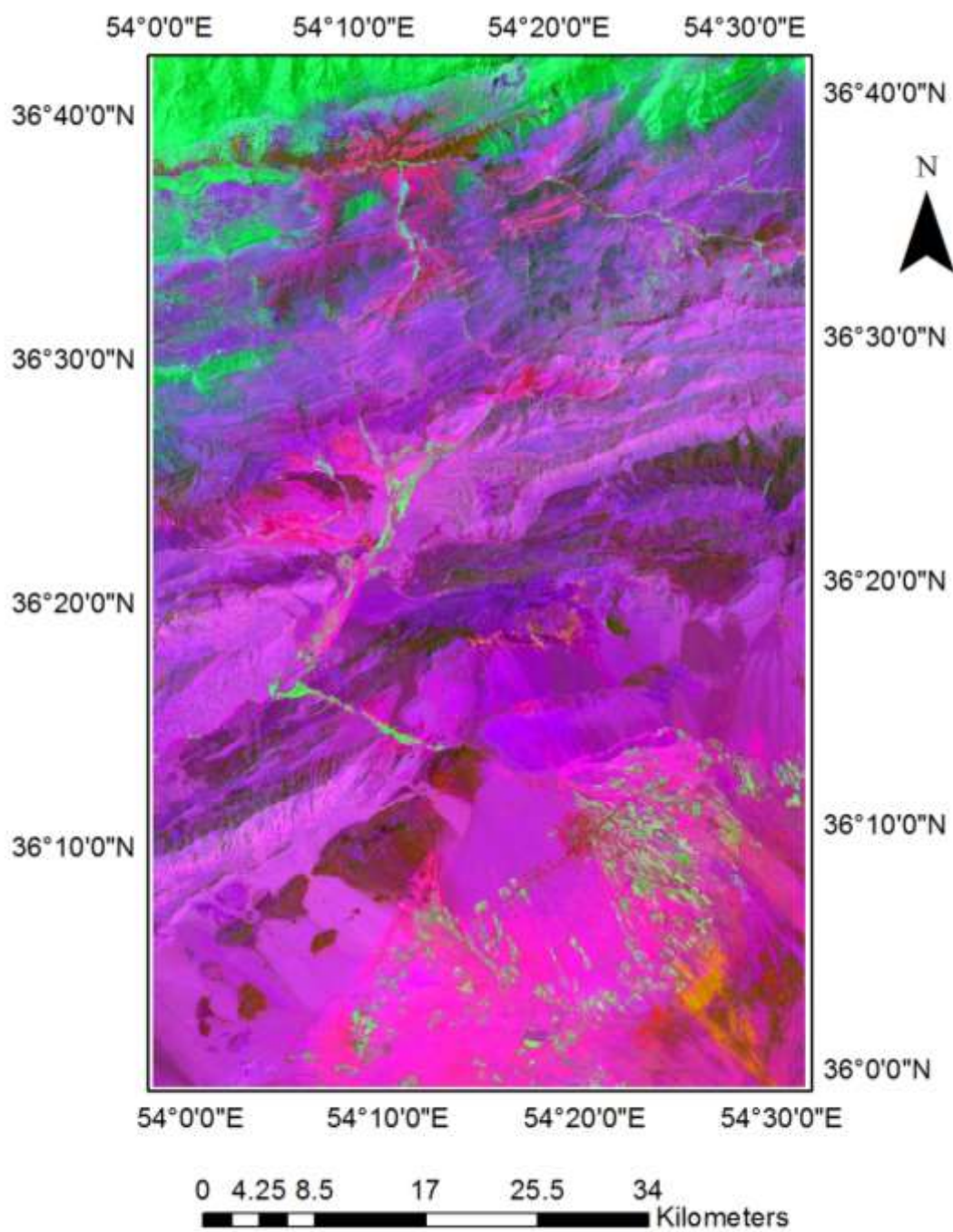


شکل ۳-۵: ترکیب باندهی ۱، ۴، ۷ = RGB کرنات‌ها به رنگ سفید مشخص شده‌اند.

۳-۶ - آنالیز مولفه‌های اصلی^۱

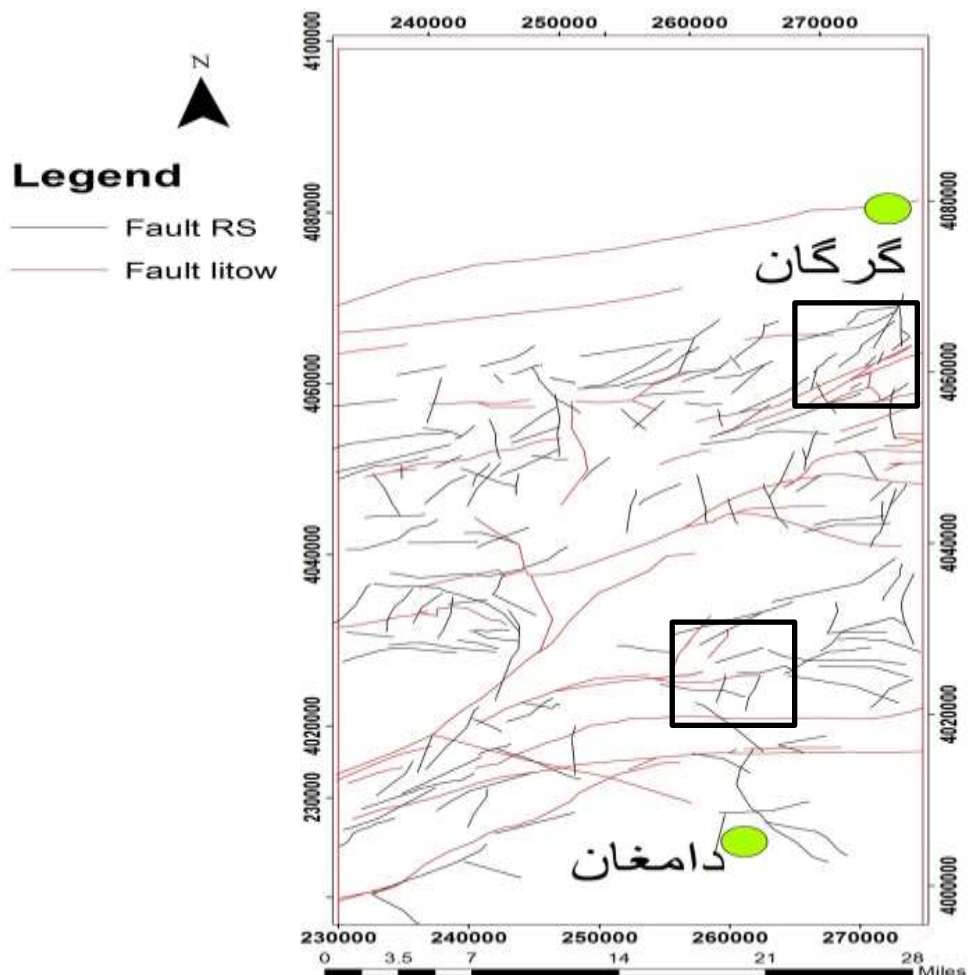
اطلاعات باندهای مختلف تصاویر چند طیفی سنجش از دور غالباً همبستگی دارند. معمولاً همبستگی منفی بین باندهای مرئی و مادون قرمز و مثبت بین باندهای مرئی بر روی پوشش‌های خاکی و سنگی وجود دارد. وجود همبستگی بین تصاویر باندهای چند طیفی حکایت از وجود اطلاعات مشترک یا به عبارت دیگر تکرار اطلاعات است. وجود اطلاعات مشترک در باندها بصورت همبستگی بین آنها آشکار می‌شود. اطلاعات موجود در باندهای چند طیفی غالباً ابعادی کمتر از باندها دارند هدف از آنالیز مولفه‌های اصلی تعیین تعداد ابعاد موجود در یک مجموعه اطلاعاتی است. تعیین ضرایب شاخص موقعیت محورهایی که دلالت بر وجود حداکثر تغییرپذیری را دارند از اهداف دیگر آنالیزهای مولفه‌های اصلی است این محورها همبستگی ندارند (Campbell, 2011). از این آنالیز زمانی استفاده می‌شود که لازم شود تا این اطلاعات اضافی باندها کاهش داده شود (Murthy, 2009). با توجه به این نکته که در روش مولفه‌های اصلی عمده اطلاعات مربوط به تمام باندها را می‌توان در سه مولفه اول نشان داد، ساختن تصویر کاذب رنگی از سه مولفه اول می‌تواند پوشش‌های سطحی را به نحو مشخصی بارزسازی نماید (جمال فریدونی، ۱۳۸۹). با توجه به شکل (۳-۶) با استفاده از ترکیب رنگی PC_{1,2,3} مناطق کربناته به رنگ کرم مشخص شده‌اند.

¹ Principal Component Analysis



شکل ۳-۶: با استفاده از ترکیب رنگی $RGB = Pc1,2,3$ مناطق کربناته به رنگ کرم مشخص شده‌اند.

به منظور مشخص ساختن خطواره‌ها با استفاده از تصویر آنالیز مولفه اول از نرم افزار Geomatica استفاده شد و خطواره‌ها رسم شده است شکل (۳-۷) مشاهده شود. با توجه به شکل گسل‌های زمین‌شناسی به رنگ قرمز و خطواره‌ها و گسل‌ها که از مطالعات دورسنجی بدست آمده به رنگ سیاه می‌باشند که بعضی از گسل‌ها و خطواره‌ها که از دو روش بدست آمده انطباق داشته‌اند و بعضی از گسل‌ها و خطواره‌ها توسط یکی از آن دو شناسایی نشده رسم شده است. با توجه به مطالعات انجام شده در فصل پنجم گسل‌ها و خطواره‌هایی که در کادر مشکی مشخص شده احتمال وجود کانی‌سازی می‌باشند.



شکل ۳-۷: خطواره استخراجی از نرم افزار Geomatica

فصل چهارم

تفسیر داده‌های مغناطیس

هوایی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ دامغان و گرگان

هدف از برداشت‌های مغناطیسی، جست و جوی بی‌هنجاری‌های مغناطیسی در زیر سطح زمین است. روش مغناطیس‌هوائی ابزاری ارزان، سریع و کارآمد برای اکتشاف کانی‌های مغناطیسی، به تصویر کشیدن ساختارهای زمین‌شناسی، عمق و گسترش حوضه‌های رسوبی می‌باشد. از دیگر مزایای برداشت‌های مغناطیسی‌هوائی، به‌ویژه برداشت در مناطق بزرگ و وسیع که عمدتاً در هزینه و زمان کمتر برداشت‌ها خلاصه می‌شود (کامکار روحانی و همکاران، ۱۳۹۱).

روش مغناطیس‌سنجی هوایی یکی از روش‌های ژئوفیزیک هوایی است که بیش از سایر روش‌ها برای پی‌جویی و اکتشاف مواد معدنی به کار برده می‌شود. در اکتشاف ذخایر معدنی، اغلب اندازه‌گیری مغناطیسی به صورت مستقیم برای پی‌جویی کانی‌های مغناطیسی مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما این روش برای اکتشاف کانی‌هایی که خود، غیرمغناطیسی هستند، اما با کانی‌های مغناطیسی همراه هستند، نیز به کار می‌رود. با ابزارهای پیشرفته اندازه‌گیری که امروزه به کار گرفته می‌شود، حتی می‌توان تغییرات بسیار جزئی شدت میدان مغناطیسی که در رابطه با سنگ‌های رسوبی نزدیک سطح زمین باشند را اندازه‌گیری کرد. روش مغناطیس‌سنجی هوایی در مقیاس بزرگ نیز برای تعیین محل گسل‌های بزرگ و مناطق خردشده و شکسته که اغلب در ارتباط با کانی‌سازی هستند، بسیار مفید واقع می‌شود. امروزه تقریباً همه‌ی پی‌جویی‌های مغناطیسی به صورت هوایی صورت می‌گیرد. سرعت زیاد، پوشش گسترده، اقتصادی بودن و راحتی کار در روش‌های هوایی از مهم‌ترین دلایل به انجام رساندن این کار به صورت هوایی است (کامکار روحانی و بیگی، ۱۳۸۸).

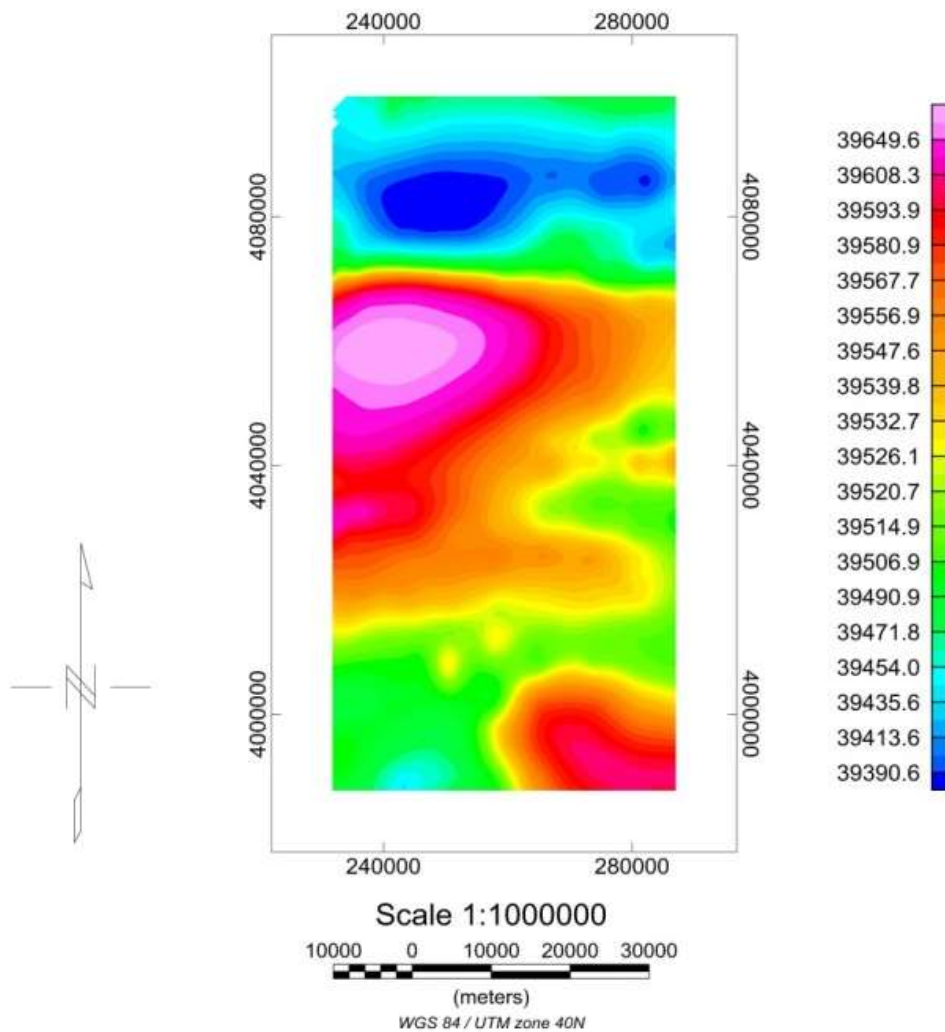
در این بخش، داده‌های مغناطیس‌هوائی منطقه به صورت نقشه میدان مغناطیس کل از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تهیه گردید و مورد تحلیل و تفسیر قرار گرفت. برداشت‌های مغناطیس‌هوائی در این منطقه در سال ۱۹۷۵ توسط شرکت مکفار^۱ آمریکا با استفاده از هواپیما صورت

¹Macfar

پذیرفته است. ارتفاع پرواز در این برداشت ۲۵۰۰ متر و فاصله‌ی پروفیل‌های برداشت ۷/۵ کیلومتر می باشد. به منظور تعیین مناطق پریپتانسیل از نظر کانی سازی سرب و روی با استفاده از فیلترهای مناسب، خطواره‌ها و گسل های بزرگ منطقه از نقشه مغناطیس هوایی جداسازی شد و در تمام موارد از نرم افزار Oasis Montaj استفاده شد.

۴-۲- پردازش داده‌های مغناطیس‌هوایی

پس از اندازه‌گیری یا ثبت داده‌های مغناطیس‌هوایی، چندین تصحیح گوناگون از جمله تعیین مختصات یا موقعیت مکانی داده‌ها، تصحیحات اختلاف منظر، حذف مولفه‌ای منسوب به میدان ناحیه-ای زمین، ترازکردن داده‌ها، حذف همه‌ی خطاهای باقیمانده که اصطلاحاً ریز ترازکردن نامیده می‌شود، روی داده‌ها برای موقعیت‌یابی نیم‌رخ و شبکه‌های پردازش‌شده شدت میدان کل مغناطیسی اعمال شد (شکل ۴-۱ مشاهده شود). پس از اعمال تصحیحات، به منظور انجام پردازش نهایی، تبدیلات یا فیلترهایی بر روی داده‌های تصحیح‌شده اعمال می‌شود. از جمله فیلترهایی که از نظر تاثیر، پارامترهای قابل اندازه‌گیری فیزیکی موجود را به پارامترهای قابل اندازه‌گیری دیگر بر می‌گرداند و همچنین فیلترهایی که افزایش قدرت تفکیک داده‌ها با آنها از راه حذف انتخابی طول موج داده‌ها صورت می‌گیرد (کامکار روحانی و بیگی، ۱۳۸۸).



شکل ۴-۱: نقشه میدان مغناطیسی کل دو برکه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ دامغان و گرگان.

۴-۲-۱- تصحیح IGRF^۱ (میدان مرجع ژئومغناطیسی جهانی)

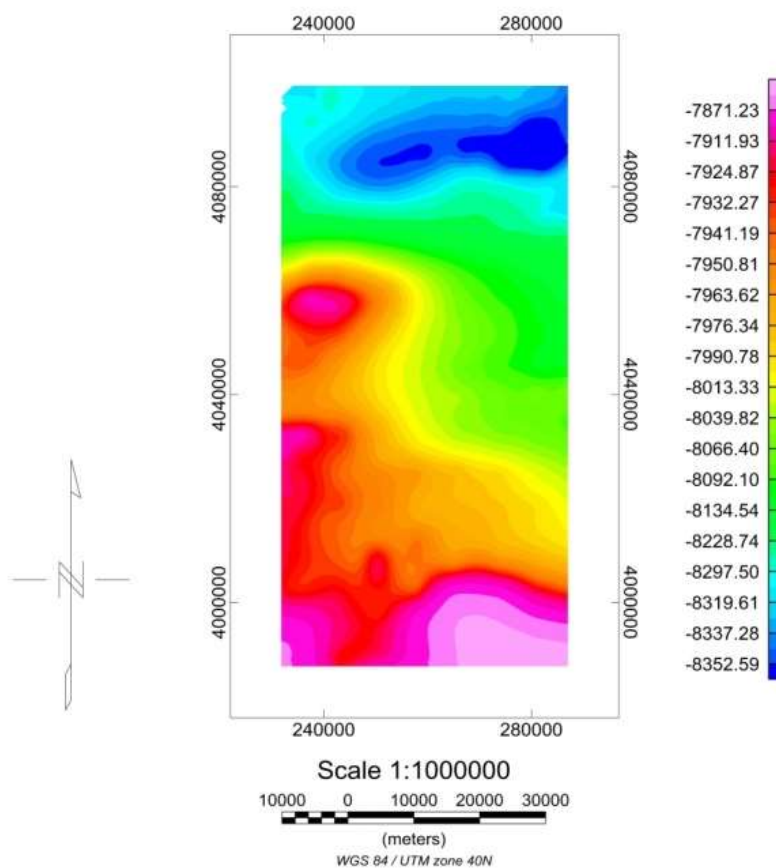
تصحیح عرض جغرافیایی هر ایستگاه با تفریق میدان مغناطیسی اصلی زمین از مقدار اندازه‌گیری شده به دست می‌آید. مقدار میدان زمین از طریق نرم افزار IGRF بر اساس طول و عرض جغرافیایی ایستگاه محاسبه می‌شود (نوروزی، ۱۳۸۸).

¹International Geomagnetic Reference Field

در این پژوهش برای محاسبه IGRF از نرم افزار Oasis Montaj استفاده شد. بدین صورت که با وارد کردن سال برداشت و طول و عرض جغرافیایی محدوده، مقدار IGRF، زاویه انحراف و زاویه میل محاسبه شد که به ترتیب حدود ۱/۹۳ درجه، ۵۳/۰۷ درجه به دست آمدند.

برای حذف میدان مغناطیسی ناحیه‌ای زمین، به صورت انحصاری یک مدل از میدان ناحیه‌ای زمین معروف به IGRF از داده‌ها عرضه می‌شود. مدل‌های استاندارد میدان ناحیه‌ای زمین بر اساس برداشت ماهواره‌ای و زمینی است. این مدل‌ها میدان را به صورت تابعی از مکان و زمان برآورد می‌کند که شامل ارتفاع است. تغییرات سالانه خیلی آرام است و در زمان برداشت در نظر گرفته نمی‌شوند. داده‌های به دست آمده از سامانه‌ی ناوبری برای محاسبه‌ی IGRF به منزله‌ی تابعی از مکان، مورد استفاده قرار می‌گیرند (کامکار روحانی و بیگی، ۱۳۸۸).

اولین و مهمترین تصحیح در پردازش داده‌ها تصحیح مغناطیس بازماند است که باعث حذف اثر میدان مغناطیسی منطقه ای زمین می‌شود و میدان باقی مانده، فقط میدان ناشی از بی‌هنجاری‌های موجود خواهد بود. در شکل (۴-۲) نقشه‌ی پتانسیل مغناطیسی پس از اعمال تصحیح IGRF آورده شده است.

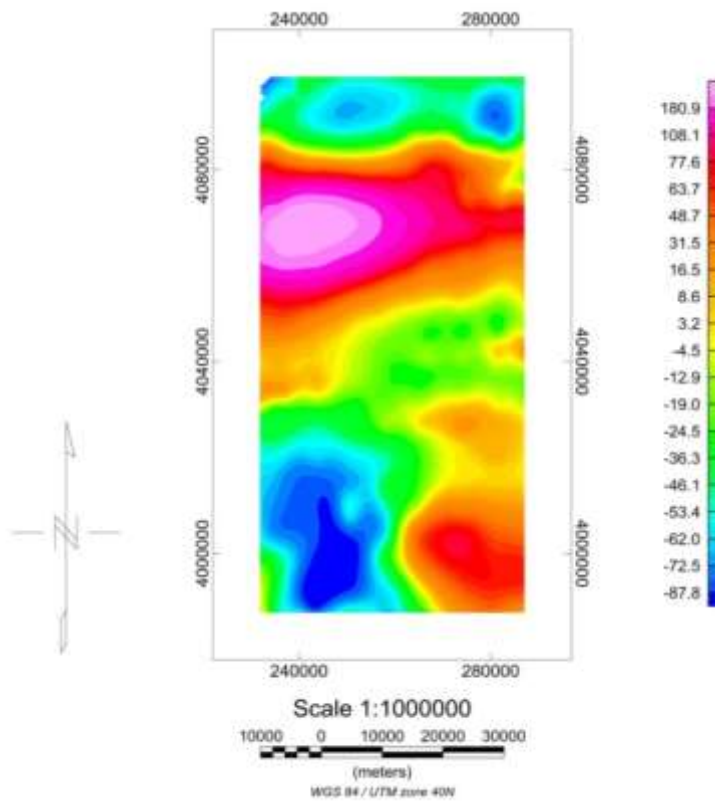


شکل ۴-۲: نقشه پتانسیل مغناطیسی حاصل از اعمال تصحیح IGRF

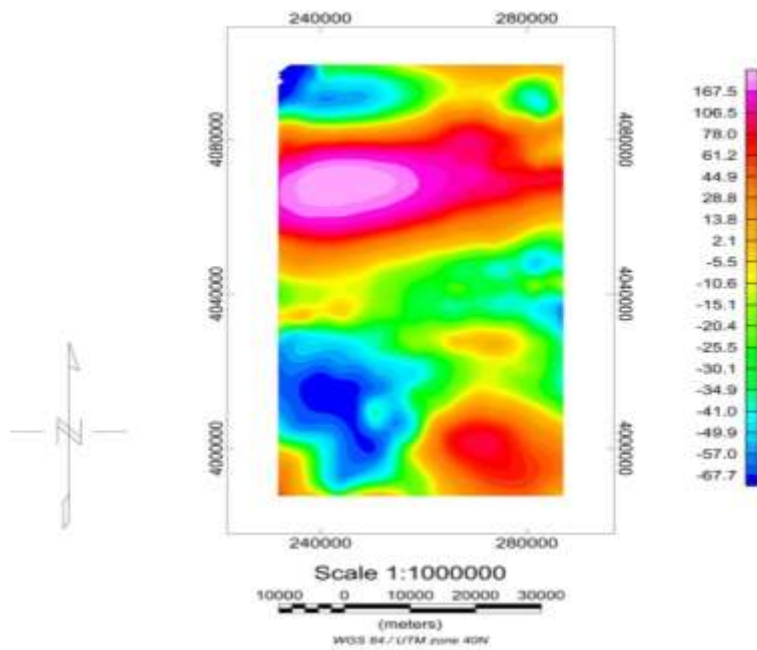
۴-۲-۲- نقشه‌ی باقی‌مانده^۱

از برازش یک سطح به صورت صفحه یا رویه و حذف اثرات ناحیه‌ای از داده‌ها نقشه‌ی باقی‌مانده حاصل می‌شود که این سطح می‌توان درجه‌ی یک، دو، سه و یا بیشتر باشد. در اشکال ۴-۳، ۴-۴ و ۴-۵، نقشه‌ی باقی‌مانده‌ی حاصل از برازش سطوح درجه یک، دو و درجه سه را خواهیم داشت. در این میان چون نقشه باقی‌مانده‌ی حاصل از برازش یک سطح درجه سه سازگاری بهتری با نقشه زمین‌شناسی و گسل‌های منطقه داشت، در نهایت برای تحلیل‌های بعدی از این نقشه استفاده شد.

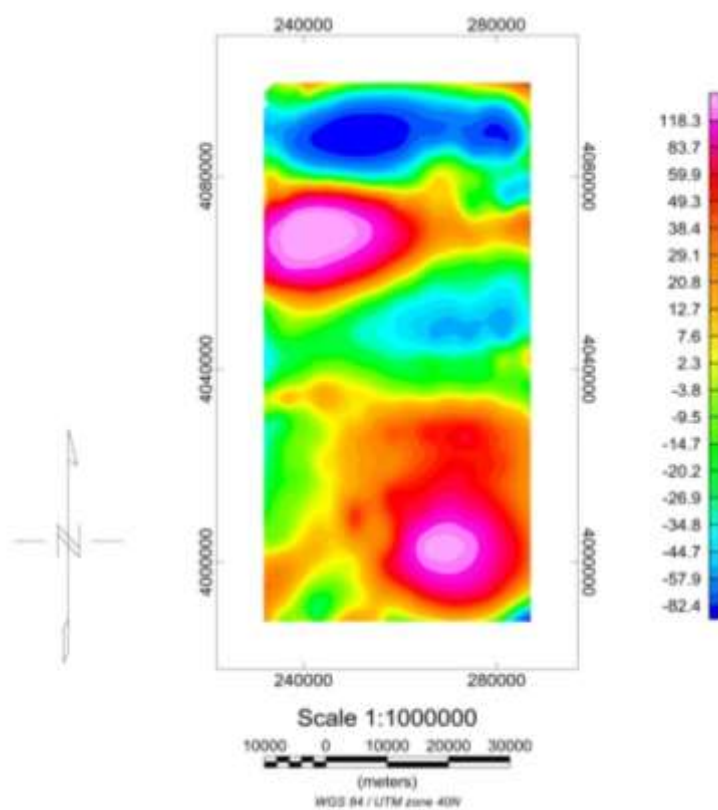
¹Residual Map



شکل ۳-۴: نقشه‌ی باقیمانده حاصل از اعمال فیلتر حذف روند (trend) با استفاده از برازش یک صفحه (درجه یک)



شکل ۴-۴: نقشه‌ی باقیمانده حاصل از اعمال فیلتر حذف روند (trend) با استفاده از برازش یک صفحه (درجه دو).



شکل ۴-۵: نقشه باقیمانده حاصل از اعمال فیلتر حذف روند (trend) با استفاده از برازش سطح مرتبه سوم

۴-۲-۳- مشتق تیلت^۱

است که TDX روشی دیگر برای تعیین لبه های بی هنجاری ها، اعمال فیلتر مشتق زاویه ی تیلت یا

به صورت زیر تعریف می شود :

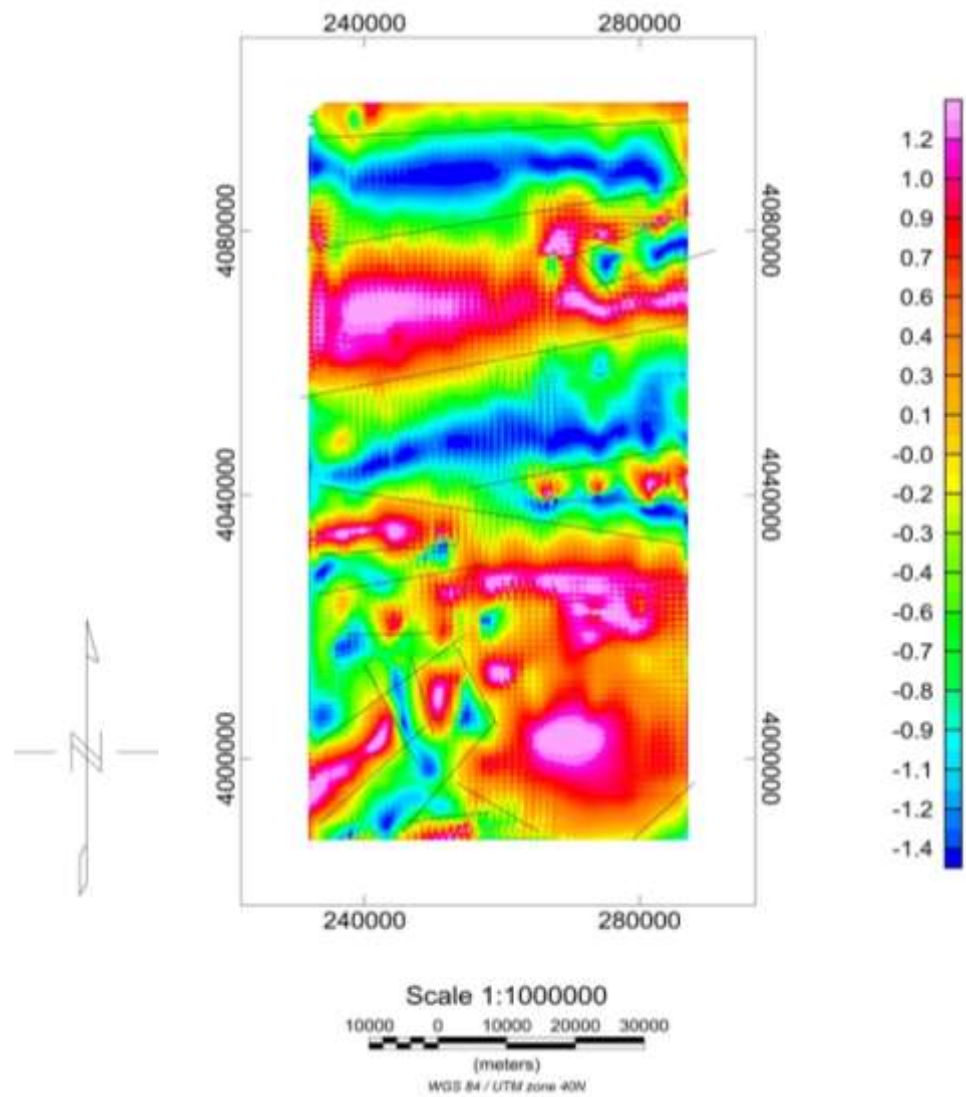
$$TDX = \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}}{\left|\frac{\partial f}{\partial z}\right|} \right]$$

¹ Tilt derivative

فیلتر تیلت را میلر و سینگ (۱۹۹۴) به منظور تحلیل و به نقشه درآوردن ساختارهای زمین‌شناسی از روی داده‌های میدان پتانسیل (گرانی و مغناطیس) و بهبود پاسخ بی‌هنجاری‌های مربوط (به ویژه بهبود پاسخ بی‌هنجاری‌های ضعیف) ابداع و توسعه دادند (کامکار روحانی و همکاران، ۱۳۹۱).

به لحاظ زمین‌شناسی، سرب و روی در منطقه مورد مطالعه غالباً از نوع دره‌ی می‌سی‌سی‌پی می‌باشد. (عرب امیری و همکاران، ۱۳۸۹). یکی از معیارهای پی‌جویی برای کانسارهای نوع دره می‌سی‌سی‌پی-پی حضور گسل‌های عمیق که از طریق آن‌ها سیالات فلزدار به درون سنگ‌های کربناته هدایت شوند) اندرسن و مک‌کوئین، ۱۹۸۸).

برای مشخص کردن خطواره‌ها و گسل‌های مغناطیسی از روش تیلت استفاده شده است. با بکارگیری این روش روی داده‌های منطقه‌ی دامغان و گرگان نتایج به صورت شکل (۴-۶) ارائه شده است. در این شکل مناطقی را که میزان میدان، تغییر ناگهانی دارد را می‌توان به عنوان خطوط گسل انتخاب کرد. مثلاً مکان‌های زرد رنگ در نقشه جایی است که میزان میدان مغناطیس در آنجا تقریباً صفر است.



شکل ۴-۶: نقشه‌ی حاصل از اعمال فیلتر مشتق زاویه‌ی تیلت

۴-۲-۴- مشتق افقی

اگر معرف برداشت گسسته میدان پتانسیل در یک صفحه افقی باشد، به عنوان مثال ماتریس $\varphi_{i,j}$ که $i = 1, 2, \dots$ و $j = 1, 2, \dots$ داده‌های میدان پتانسیل در یک شبکه برداشت افقی با محور افقی x در راستای شرق - غرب و محور شمالی y در راستای شمال - جنوب و فواصل برداشت به ترتیب Δx و Δy باشد مشتق افقی $\varphi(x, y)$ نسبت به محورهای x و y در نقطه (i, j) طبق رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است (Blakely, 1996).

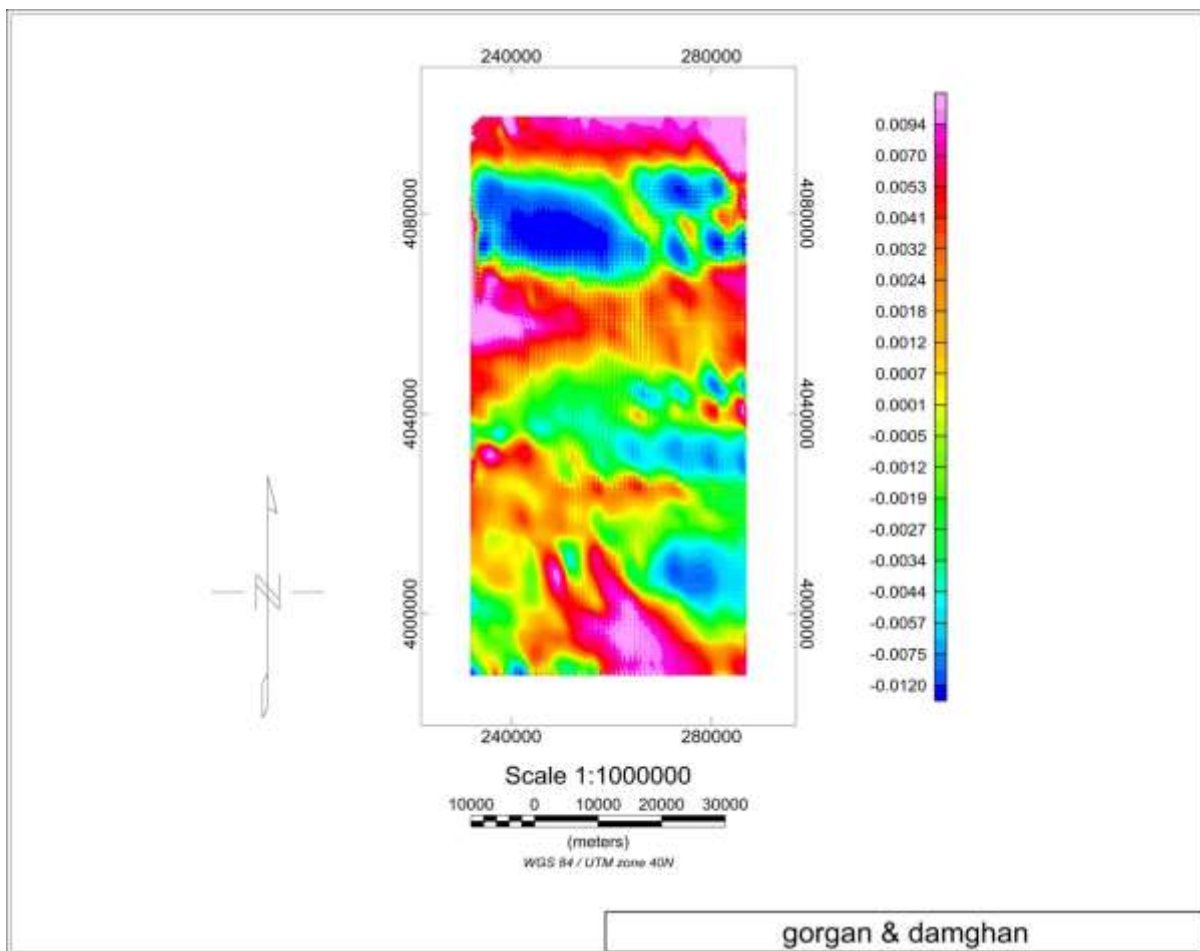
$$\frac{d\varphi(x, y)}{dx} = \frac{\varphi_{i+1, j} - \varphi_{i-1, j}}{2\Delta x}$$

حداکثر مقدار گرادیان افقی کل در بالای لبه‌های توده قرار می‌گیرد، اندازه گرادیان افقی کل میدان پتانسیل که به طور خلاصه گرادیان افقی نامیده می‌شود از رابطه زیر بدست می‌آید (Blakely, 1996).

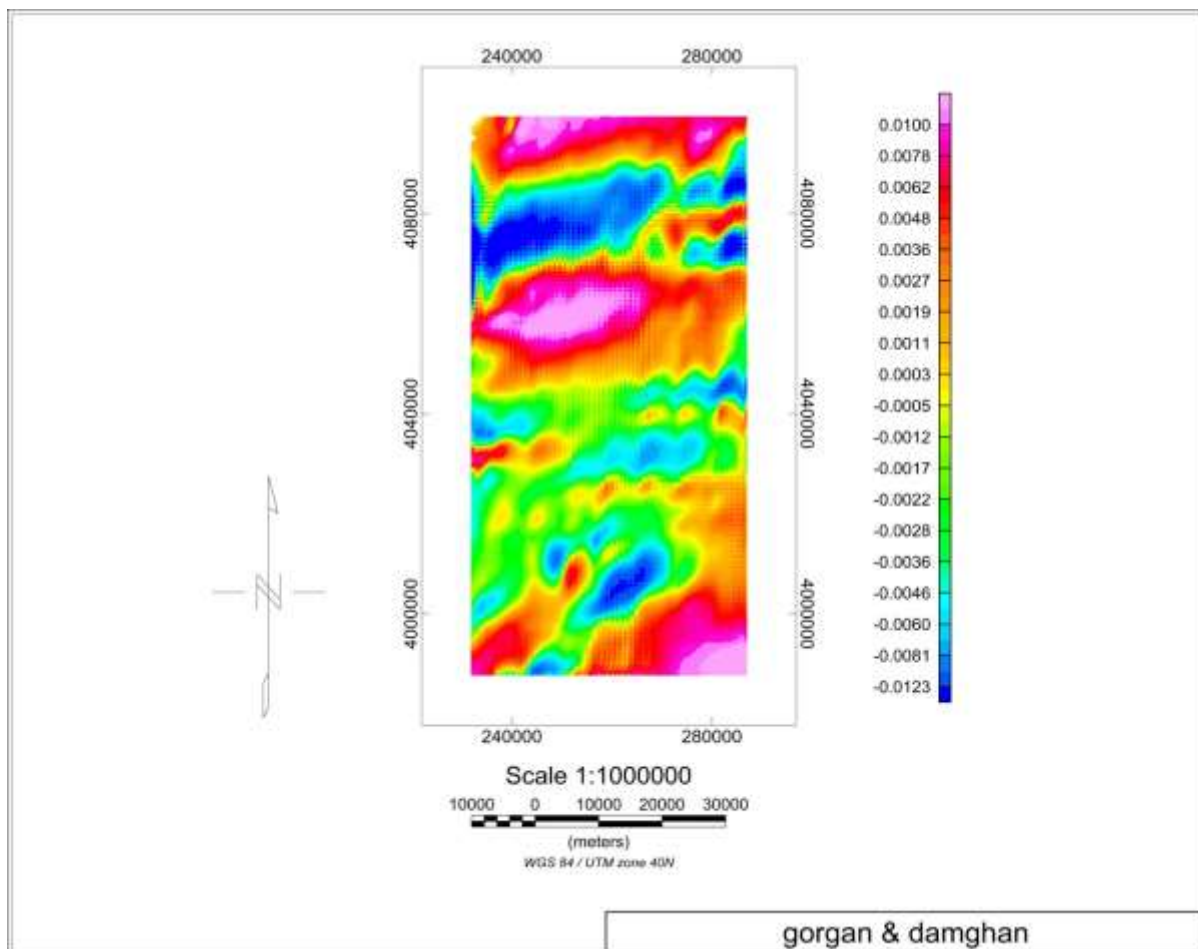
$$h(x, y) = \left[\left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

در این رابطه T میدان پتانسیل و $\left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)$ و $\left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)$ به ترتیب مشتقات افقی داده‌های میدان پتانسیل در جهت‌های x, y می‌باشد که توسط رابطه‌ی بالا محاسبه می‌شوند.

با اعمال فیلتر مشتق افقی بر روی داده‌ها، گسل‌های منطقه‌ی مورد مطالعه در جهات مختلف شناسایی شد. به دلیل اینکه روند گسل‌ها در منطقه بیشتر، در آزمون‌های ۴۵ و ۱۳۵ بوده، فیلترها در این جهات اعمال شد. در اشکال (۴-۷ و ۴-۸) اعمال فیلتر مشتق افقی در جهت آزمون ۱۳۵ و ۴۵ درجه بر روی داده‌های مغناطیس‌هوایی منطقه نشان داده شده است.



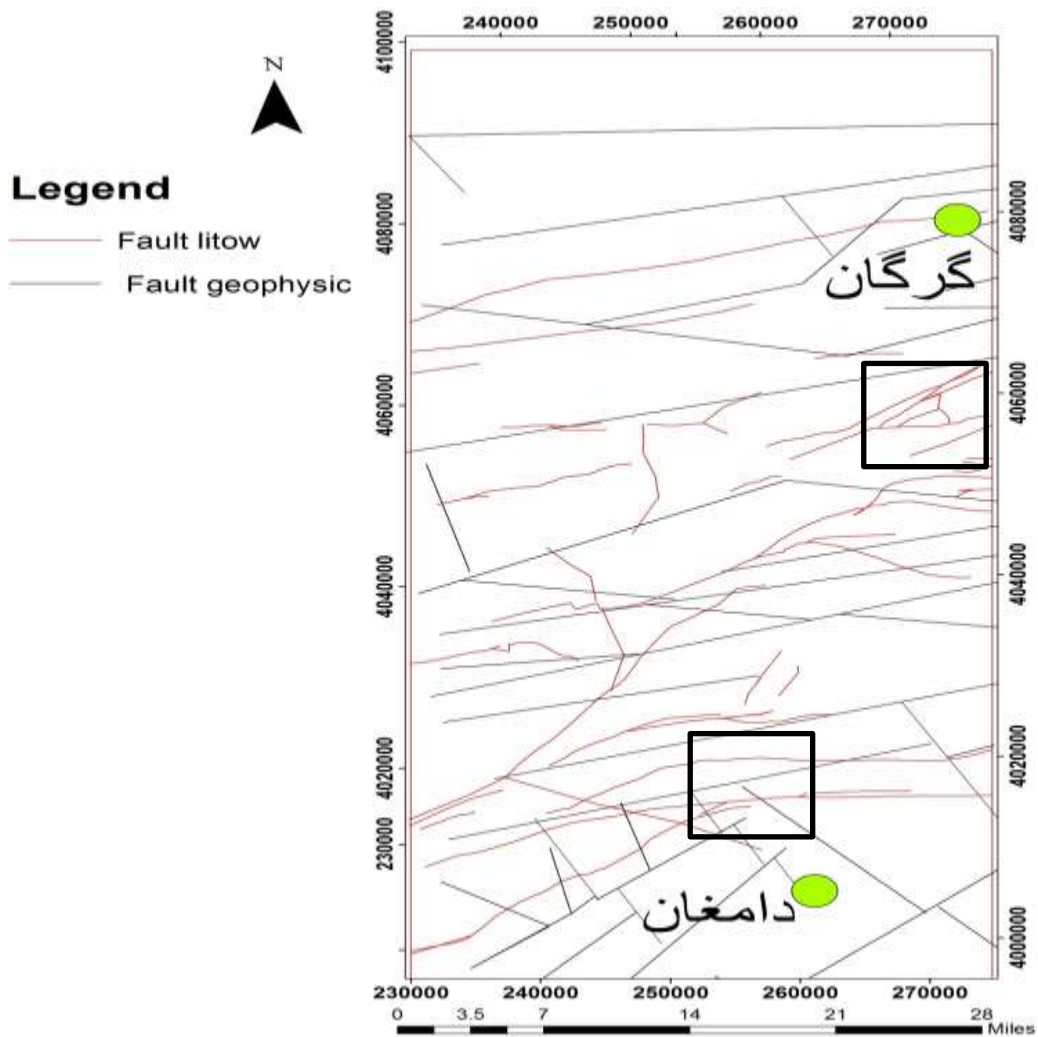
شکل ۴-۷: نقشه‌ی حاصل از اعمال فیلتر مشتق افقی در راستای آزیموت ۴۵ درجه



شکل ۴-۸: نقشه‌ی حاصل از اعمال فیلتر مشتق افقی در راستای آزیموت ۱۳۵ درجه

۴-۳- نتیجه‌گیری

با استفاده از نقشه‌های حاصل از اعمال فیلتر تیلت و فیلتر مشتق افقی، در جهت‌های آزیموت ۱۳۵ درجه و ۴۵ درجه و تلفیق آن‌ها در محیط GIS، گسل‌های مغناطیسی منطقه جداسازی شده و به صورت رقمی آماده‌سازی شد (شکل ۴-۹). با توجه به شکل گسل‌های زمین‌شناسی به رنگ قرمز و خطواره‌ها و گسل‌ها که از مطالعات ژئوفیزیک بدست آمده به رنگ سیاه می‌باشند که بیشتر گسل‌ها و خطواره‌ها که از دو روش بدست آمده انطباق داشته‌اند و بعضی از گسل‌ها و خطواره‌ها توسط یکی از آن دو شناسایی نشده رسم شده است. با توجه به مطالعات انجام شده در فصل پنجم گسل‌ها و خطواره‌هایی که در کادر مشکی مشخص شده احتمال وجود کانی‌سازی می‌باشند.



شکل ۴-۹: خطواره‌های استخراجی از نتایج مطالعات مغناطیس‌هوایی منطقه (بعد از اعمال فیلترهای تیلت و گرادیان افقی).

فصل پنجم :

ژئوشیمی آبراهه ای محدوده گرگان و

دامغان

۵-۱- مقدمه

در این پایان مطالعات ژئوشیمیایی بر روی نمونه های رسوب آبراهه‌ای تهیه شده از سازمان زمین شناسی و اکتشافات مواد معدنی کشور انجام پذیرفته است. تعداد ۴۳۳ نمونه دربرگه‌ی $\frac{1}{100000}$ دامغان و ۳۸۵ نمونه دربرگه‌ی $\frac{1}{100000}$ گرگان قرار دارد. نمونه‌های مذکور به روش ICP و جذب اتمی آنالیز شده است. در پروژه‌های اکتشافی، یکی از بخش‌های با اهمیت مطالعاتی نمونه‌برداری و پردازش داده‌های ژئوشیمیایی است. اولین مرحله پردازش داده‌های ژئوشیمیایی، تعیین داده‌های خارج از رده و آنالیزهای زیر حد آشکارسازی دستگاه می‌باشد. در گام بعدی پارامترهای آماری با اهمیت و بررسی توزیع داده‌ها و تحلیل‌های آماری چند متغیره داده‌ها قرار می‌گیرند. با استفاده از نتایج بررسی‌های آماری می‌توان حد آنومال بودن عیارها را تعیین و نقشه مناطق آنومال ژئوشیمیایی عناصر را ترسیم نمود بررسی‌های آماری در تشخیص ارتباط عناصر و رفتار آن‌ها در کانی‌زایی مؤثر است.

۵-۲- پردازش مقدماتی داده‌ها

بررسی داده‌های خارج از ردیف و خارج از حد آشکارسازی در ابتدا مورد بررسی قرار گرفته است (در این پایان نامه داده خارج از ردیف و سنسورد وجود نداشت. در این مرحله با توجه به شرط نرمال بودن داده‌ها در آمار کلاسیک، داده‌ها مورد بررسی قرار گرفته و در صورت لزوم با تبدیلات خاص به داده‌های نرمال تبدیل شده‌اند.

۵-۳- پردازش داده‌های خارج از حد آشکارسازی^۱

در عملیات اکتشاف ژئوشیمیایی به دلیل عدم تناسب بین حد حساسیت دستگاه‌های اندازه‌گیری غلظت عناصر و فراوانی آن‌ها در طبیعت، مقادیری هستند که به صورت کوچک‌تر از حد حساسیت دستگاه و یا به صورت کوچک‌تر از دو برابر انحراف استاندارد خطا ارائه شده‌اند. در حقیقت علت بروز

¹ Sensord Data

اینگونه داده‌ها مقادیر پایین‌تر از حد تشخیص دستگاهی عناصر در بعضی از نمونه‌ها می‌باشد. وجود این داده‌ها در بررسی آماری ایجاد اختلال می‌کنند:

الف) روش‌های آماری نیاز به مجموعه کاملی از داده‌های غیر سنسورد دارند.

ب) تعیین محدوده آنومالی‌ها ماهیت نسبی دارد.

عدم احتساب داده‌های سنسورد در برآوردهای آماری، مقدار زمینه را افزایش داده و در نتیجه آنومالی‌ها کمتر نمایان می‌شوند، در حالیکه با تخمین داده‌های سنسورد و احتساب آن‌ها، حد زمینه کمتر شده و آنومالی‌ها بارزتر می‌شوند (Sanford, 1993).

جایگزینی و تخمین داده‌های سنسورد با روش‌های مختلفی انجام می‌شود که از جمله این روش‌ها می‌توان به روش جایگزینی ساده، روش ترسیمی و روش بیش‌ترین درست‌نمایی کوهن^۱ اشاره کرد (حسینی پاک، ۱۳۸۰). در این پایان‌نامه تنها عناصر قلع و طلا برای شیت گرگان وهم شیت دامغان داده‌های سنسورد بودند که با توجه به این که تعداد عناصر سنسورد خیلی زیاد بوده حذف گردیده است.

۵-۴- مقادیر خارج از ردیف

از جمله اقدامات آماده سازی داده‌ها، شناسایی مقادیر خارج از ردیف و تصمیم‌گیری در مورد نحوه به کارگیری آن هاست. اثرات نامطلوبی ناشی از مقادیر خارج از ردیف را می‌توان به دو صورت اصلاح کرد (حسینی پاک، ۱۳۸۰)

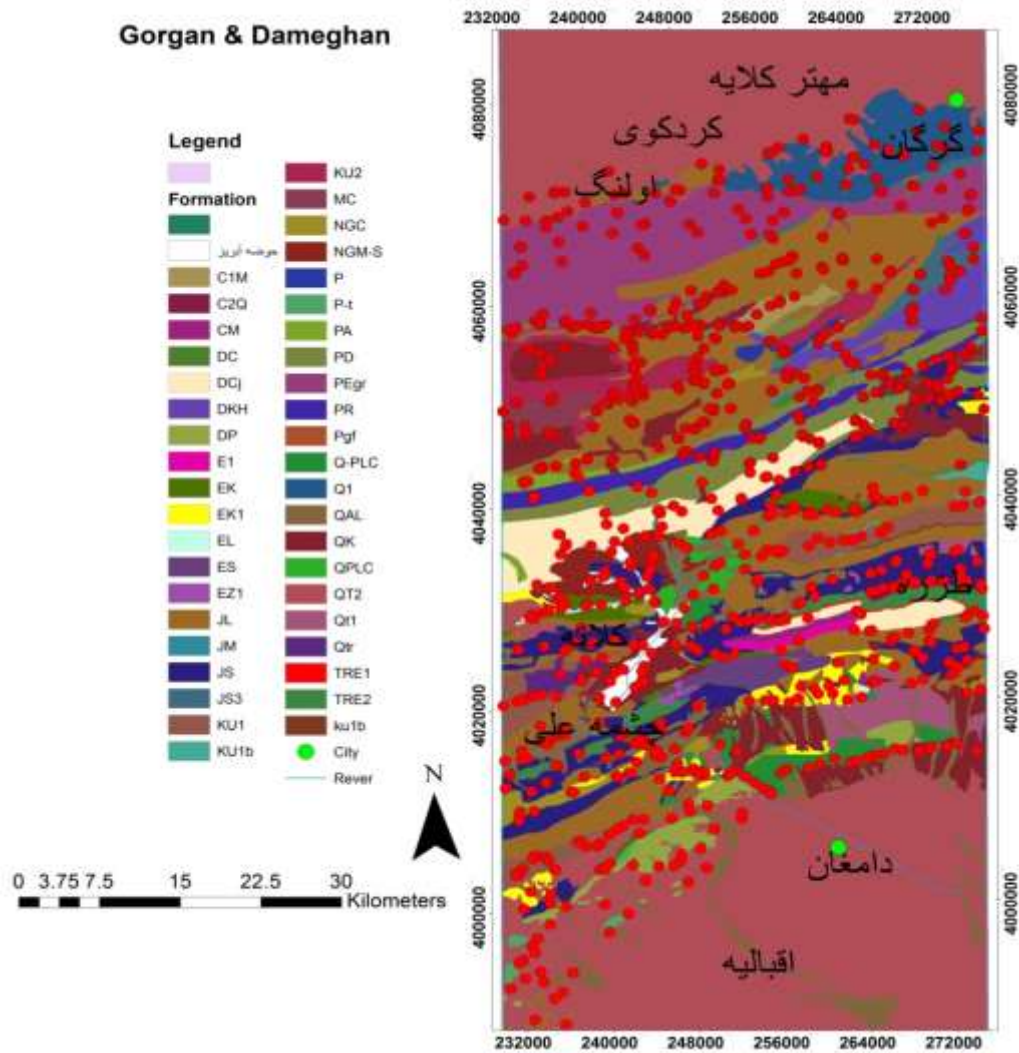
الف- حذف مقادیر خارج از ردیف از داده‌ها: اگر تعداد نمونه‌های خارج ردیف زیاد نباشد و حذف آنها موجب کمبود داده در نقاط خاص نگردد، می‌توان آنها را حذف کرد. ولی در صورت زیاد بودن تعداد آنها، حذف آنها موجب فقدان داده در نقاط خاص می‌شود.

¹ Cohen Maximum Likelihood

ب- جایگزین کردن مقادیر خارج از ردیف با مقادیر متعارف: این روش دقت بالاتری دارد و همچنین به دلیل زیاد بودن مقادیر خارج از رده، از این روش استفاده شد.

در این پایان نامه داده خارج از ردیف وجود نداشت. داده‌ها توسط سازمان زمین‌شناسی اصلاح شده بودند.

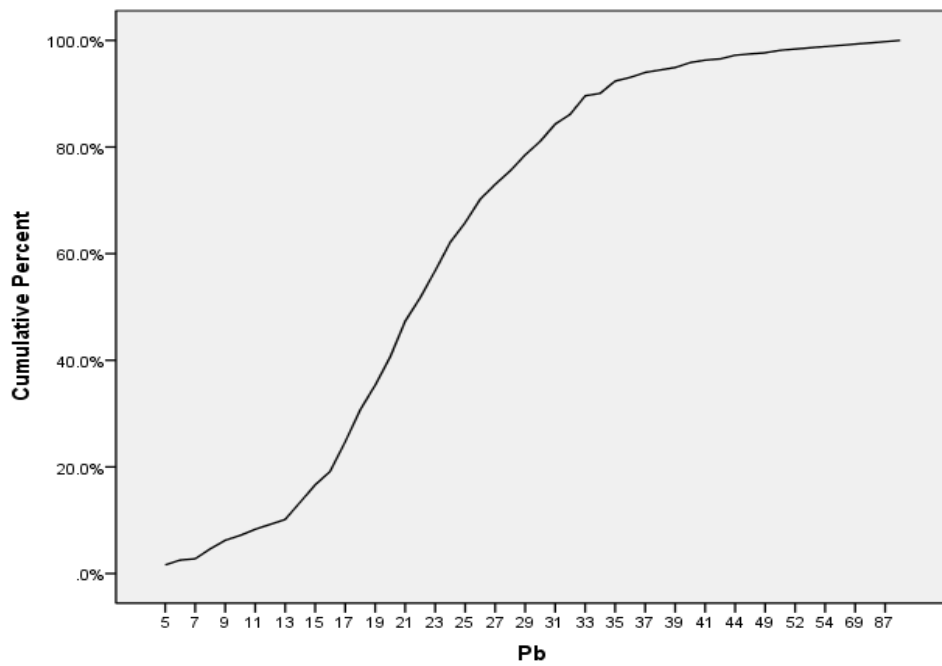
در این تحقیق از رسوب آبراهه ای نمونه برداری شده است و در مجموع تعداد ۸۱۸ نمونه برداشت شده که موقعیت آن‌ها در شکل ۵-۱ نمایش شده است.



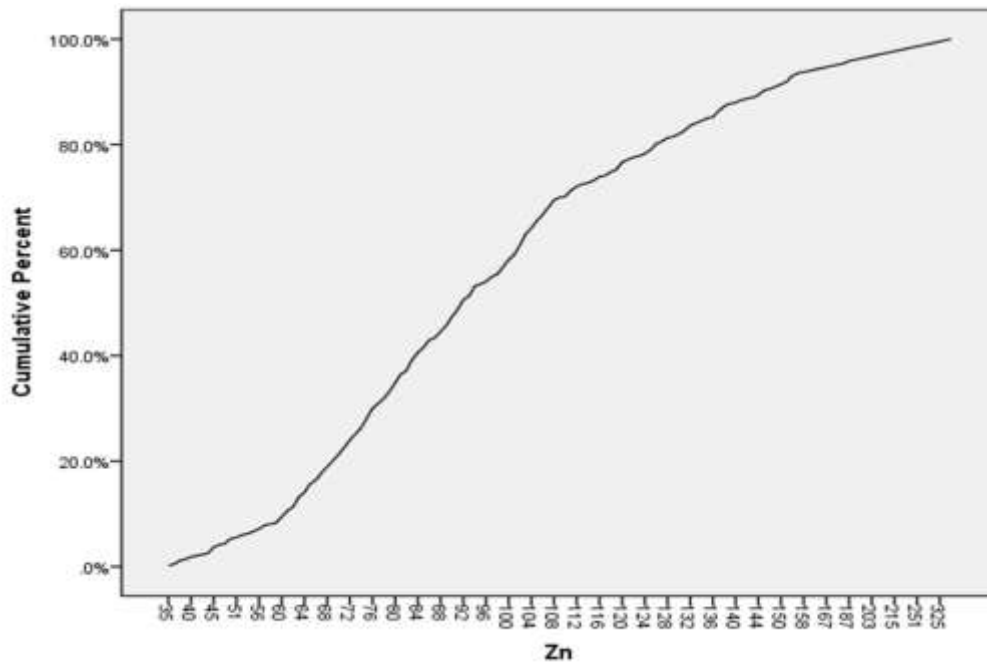
شکل ۵-۱ : موقعیت نمونه‌ها در محدوده‌ی مورد مطالعه

۵-۵- آزمون نرمال بودن داده‌ها

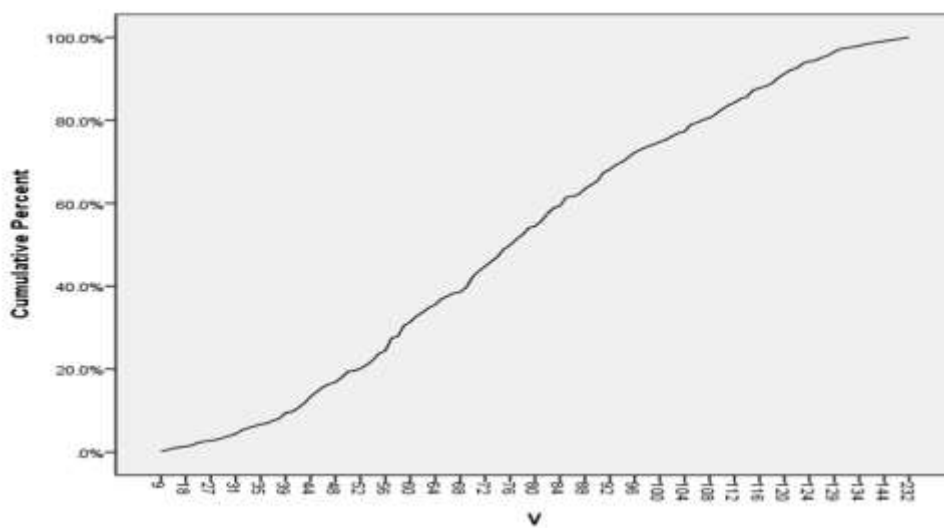
برای بررسی بیشتر داده‌ها نمودار احتمال تعدادی از آن‌ها رسم شده است. در حالت ایده‌آل، توزیع نرمال داده‌ها بر روی نمودار احتمال بایستی از روند خطی تبعیت نمایند. در عمل به دلیل وجود خطاهای تجربی مانند خطاهای نمونه‌برداری، خطاهای آماده‌سازی و خطای آنالیز داده‌ها، حتی با داشتن توزیع نرمال واقعی، کاملاً روند نمودار احتمال خط راست کامل نمی‌شود. معمولاً مقادیر خارج از محدوده ۱۶ تا ۸۴ درصد فراوانی تجمعی انحراف بیشتری نسبت به خط راست نشان می‌دهند. در اکثر موارد اگر نمودار مقادیر واقع بین ۱۶ تا ۸۴ درصد فراوانی تجمعی نزدیک به خط راست باشد می‌توان توزیع را، نرمال فرض کرد. معمولاً این فرض برای حل مسائل مربوط به داده‌های اکتشافی قابل استفاده است (حسنی پاک، ۱۳۸۰). همان طور که ملاحظه می‌شود در داده‌های شیت دامغان عناصر سرب و روی از روند خطی پیروی نمی‌کنند غیر نرمال می‌باشند (اشکال ۲-۵ تا ۳-۵) و برای عنصر وانادیوم می‌توان گفت تقریباً از روند خطی پیروی می‌کند نرمال می‌باشد (شکل ۵-۴) و برای داده‌های شیت گرگان عناصر سرب و روی از روند خطی پیروی نمی‌کنند غیر نرمال می‌باشند اشکال (۵-۵ تا ۵-۶) و برای عنصر آرسنیک از روند خطی پیروی می‌کند نرمال می‌باشد (شکل ۵-۷).



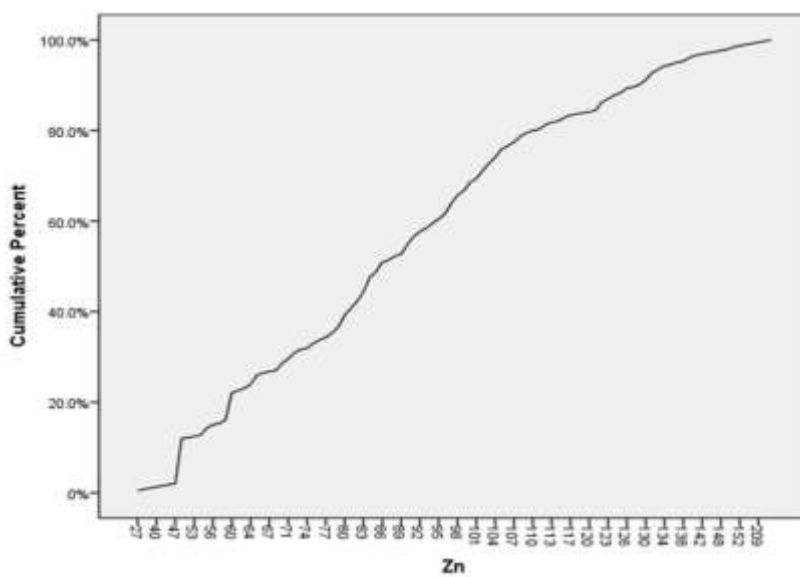
شکل ۵-۲: نمودار احتمال عنصر سرب واقع در شیت دامغان



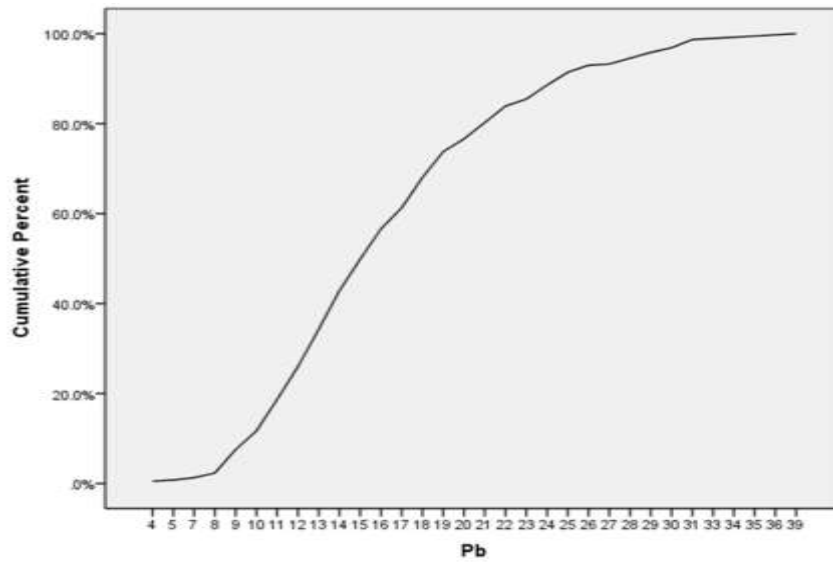
شکل ۵-۳: نمودار احتمال عنصر روی واقع در شیت دامغان



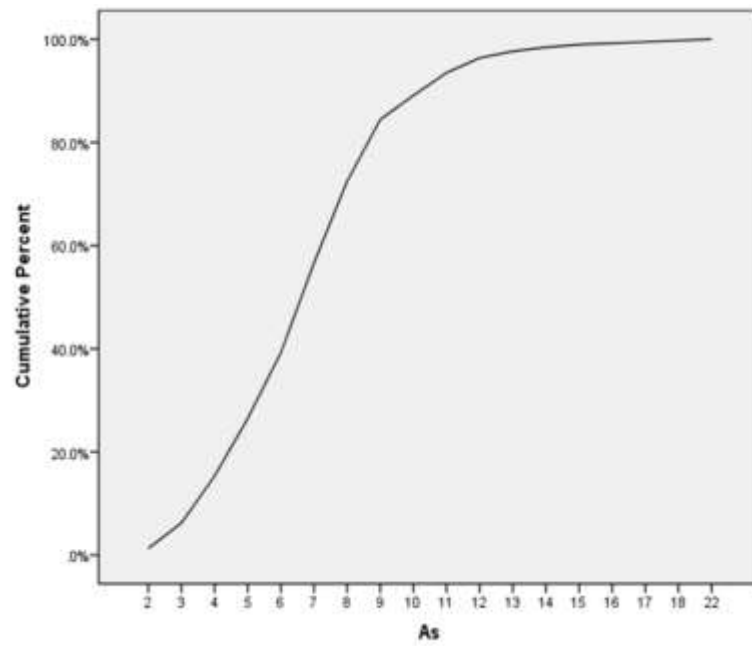
شکل ۴-۵: نمودار احتمال عنصر وانادیوم واقع در شیت دامغان



شکل ۵-۵: نمودار احتمال عنصر روی واقع در شیت گرگان



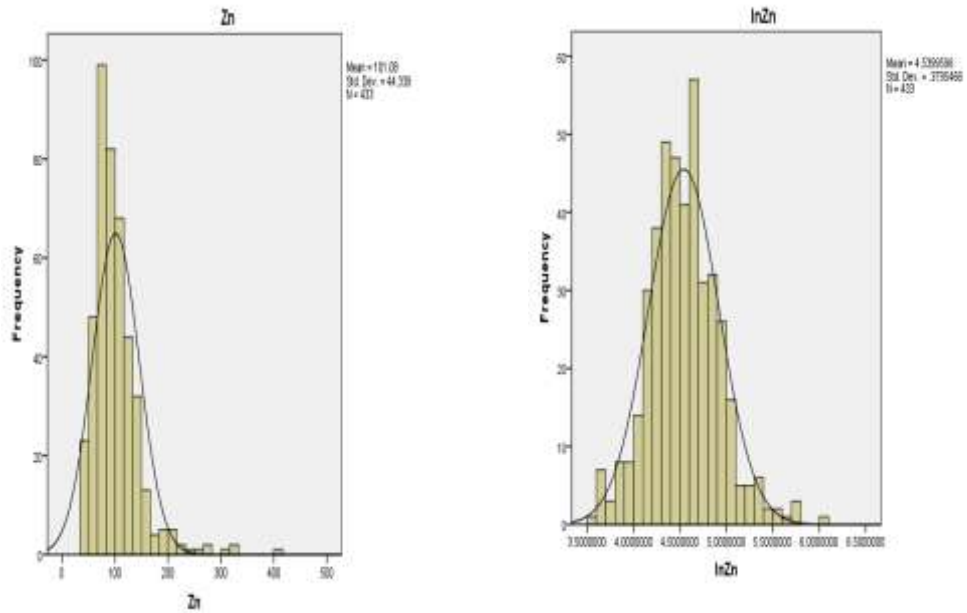
شکل ۵-۶: نمودار احتمال عنصر سرب واقع در شیت گرگان



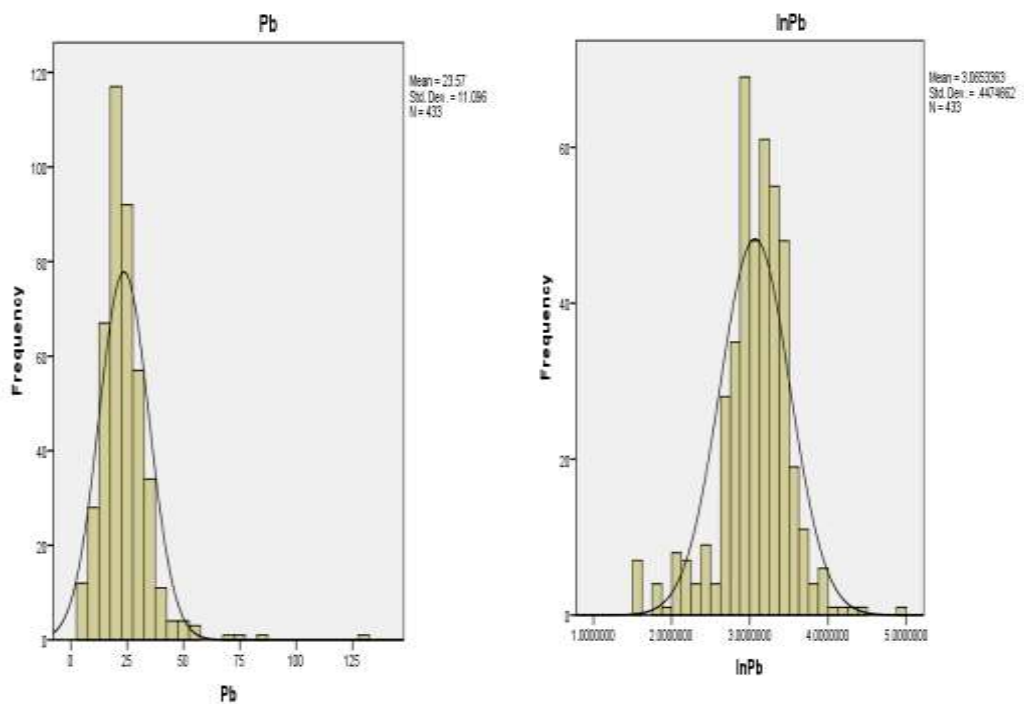
شکل ۵-۷: نمودار احتمال عنصر آرسنیک واقع در شیت گرگان

۵-۶- نرمال سازی داده‌ها

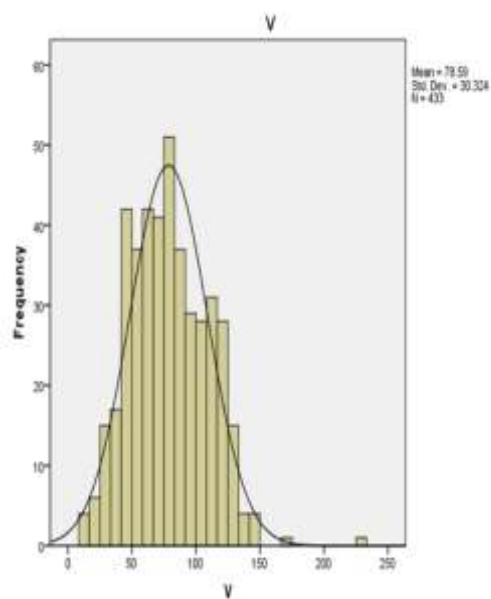
در بررسی توزیع داده‌های معدنی اعم از اکتشافی و استخراجی، ارزیابی نوع توزیع داده‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. داده‌های معدنی اغلب از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند ولی می‌توان با تبدیلات مناسب این داده‌های را نرمال کرد. لازم به ذکر است که در بسیاری از تحلیل‌های آماری، پیش فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها وجود دارد. در بسیاری از موارد، داده‌های اکتشافی دارای توزیع نامتقارن با چولگی مثبت و منفی است. در این شرایط اغلب با تبدیل داده‌ها تحت تابع تبدیل لگاریتمی، توزیع داده‌های تبدیل یافته متقارن گشته و به توزیع نرمال نزدیک می‌شود. توزیع این‌گونه داده‌ها را لاگ-نرمال می‌گویند. همانطور که ملاحظه می‌شود در داده‌های شیت دامغان عنصر سرب و روی چولگی مثبت دارد (اشکال ۵-۸ و ۵-۹) و با لگاریتمی کردن داده‌های، بصورت نرمال درآمد است. از طرفی توزیع عنصر وانادیوم نرمال می‌باشد (شکل ۵-۱۰). در شیت گرگان عناصری از قبیل سرب، روی چولگی مثبت دارند (اشکال ۵-۱۱ و تا ۵-۱۲) و با لگاریتمی گرفتن توزیع آنها نرمال شده است. و عنصر آرسنیک نرمال می‌باشد (شکل ۵-۱۳).



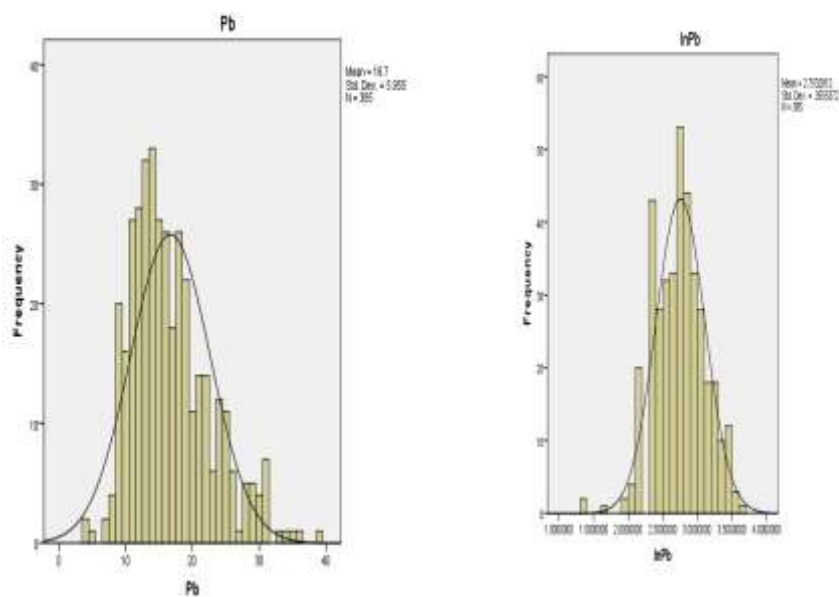
شکل ۵-۸: داده‌های ژئوشیمیایی عنصر روی واقع در شیت دامغان



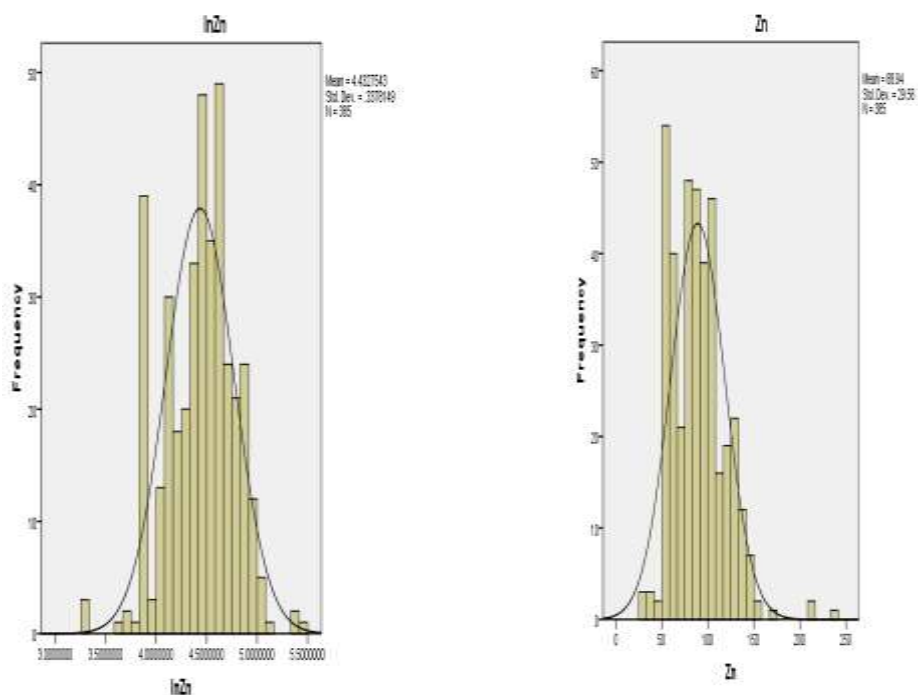
شکل ۵-۹: داده‌های ژئوشیمیایی عنصر سرب واقع در شیت دامغان



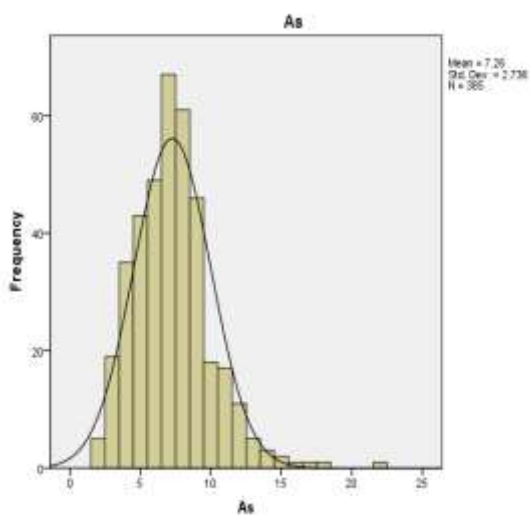
شکل ۵-۱۰: داده‌های ژئوشیمیایی عنصر وانادیوم واقع در شیت دامغان



شکل ۵-۱۱: داده‌های ژئوشیمیایی عنصر سرب واقع در شیت گرگان



شکل ۵-۱۲: داده‌های ژئوشیمیایی عنصر روی واقع در شیت گرگان



شکل ۵-۱۳: داده‌های ژئوشیمیایی عنصر آرسنیک واقع در شیت گرگان

۵-۷- تحلیل آماری تک متغیره

تحلیل‌های آماری تک متغیره پایه و یک ارزیابی سریع از پارامترهای با اهمیت ژئوشیمیایی را ایجاد خواهند نمود. یک درک درست از متغیرهای منفرد، برای توصیف نتایج حاصل از روش‌های چند متغیره الزامی است. در حقیقت در بسیاری از موارد، نتایج مطالعات چند متغیره را می‌توان به نتایج یک روش تک‌متغیره مورد ارزیابی قرار داد (حسنی پاک، ۱۳۸۰).

به‌طور کلی، جدول پارامترهای آماری، شامل پارامترهای مرکزی و پراکندگی است. این پارامترها، دربرگیرنده خصوصیتی از جمله عیار بیشینه و کمینه غلظت عنصر، واریانس، میانه، میانگین، خطای استاندارد میانگین، انحراف معیار، کشیدگی، چولگی هر عنصر است. همان‌طور که می‌دانیم، مهم‌ترین شاخص میانه است، میانه معیاری از مقدار زمینه است. علت استفاده از مقدار میانه (به جای میانگین) به عنوان مقدار زمینه در پروژه‌های اکتشاف ژئوشیمیایی آن است که میانه اولاً بر خلاف میانگین نسبت به تغییرات در دو طرف دامنه (حداقل و حداکثر) حساس نمی‌باشد و مستقل از مقادیر کرانه‌ای عمل می‌کند، ثانیاً مقدار میانه مستقل از توابع توزیع است (حسنی پاک، ۱۳۷۷).

مقادیر میانگین، میانه و مد برای یک توزیع یک مدی متقارن (مانند توزیع نرمال)، منطبق بر هم می‌باشند ولی در یک توزیع نامتقارن این مقادیر از یکدیگر فاصله می‌گیرند (حسنی پاک، ۱۳۷۷).

به‌طور کلی ۲۲ عنصر مورد پردازش قرار گرفتند که در جدول پارامترهای آماری متغیرهای مورد بررسی در این منطقه، براساس داده‌های خام آورده شده است. بنابراین در مجموع ۹ پارامتر آماری شامل میانگین، میانه، مد، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی، بیشینه و کمینه عیار و مقدار زمینه خاکی (B.G(SOIL))، برای هر متغیر هم برای دامغان و نیز برای گرگان به ترتیب در جدول‌های (۵-۱ و ۵-۲)، آورده شده است. از جمله سایر پارامترهای آماری چولگی و کشیدگی است که با استفاده از آن‌ها می‌توان به نرمال بودن یا نرمال نبودن بودن جوامع پی‌برد. هر چه این دو مقدار به ترتیب به ۰ و ۳ نزدیک‌تر باشند، آن جامعه به توزیع نرمال نزدیکتر خواهد بود. مقادیر چولگی و کشیدگی به دست آمده برای عناصر منطقه دامغان استرونیوم و روی غیرنرمال، سرب و آرسنیک نرمال و یا نزدیک به نرمال هستند و برای منطقه گرگان عناصری مانند روی و استرونیوم غیرنرمال و آرسنیک نرمال و یا نزدیک به نرمال هستند. با توجه به مقدار زمینه خاکی در جدول آمده عیار بیشینه بعضی از عناصر کمتر از مقدار زمینه خاکی بوده‌اند، برای شیت دامغان به عنوان مثال عناصری مانند مس، نیکل، کرم و برای شیت گرگان عناصری مانند سرب، مس و نیکل که مقادیر آن‌ها خیلی کم بوده است برای مدل‌سازی جهت مشخص نمودن بی‌هنجاری مورد استفاده قرار نگرفته است.

جدول ۵ - ۱: پارامترهای آماری داده‌های خام منطقه دامغان (۴۳۳ نمونه، مقادیر بر حسب ppm به جزء آهن که بر حسب درصد است).

Statistics											
	Zn	Pb	Cr	Ni	Cu	As	Co	Ba	V	Sr	Fe
Mean	101.08	23.57	77.38	20.50	13.92	9.32	8.97	275.15	78.59	347.07	2.60
Median	92.00	22.00	73.00	18.00	13.00	9.00	8.00	263.00	77.00	236.00	3.00
Mode	83	21	45	17	11	8	7	278	57	103	3
Std. Deviation	44.330	11.090	37.216	8.886	5.400	3.210	3.340	99.770	30.320	539.320	.960
Variance	1965.910	123.110	1385.050	78.960	29.230	10.340	11.210	9954.060	919.520	290872.290	.920
Skewness	2.386	3.190	6.410	1.012	.750	1.706	1.850	1.820	.410	7.980	-.040
Kurtosis	9.940	24.140	85.120	1.068	1.210	11.370	8.180	6.510	.680	82.180	-.370
Minimum	35	5	14	4	3	1	3	107	9	57	0
Maximum	410	132	594	55	41	36	33	875	232	7127	6
B.G.SOIL)	2-200	10-300	50-1000	5-500	2-100	1-50	1-40	100-300	20-500	50-1000	

جدول ۵ - ۲: پارامترهای آماری داده‌های خام عناصر شاخص منطقه گرگان (۳۸۵ نمونه که مقادیر بر حسب ppm به جزء آهن که بر حسب درصد است).

Statistics											
	Zn	Pb	Cr	Ni	Cu	As	Co	Ba	V	Sr	Fe
Mean	88.94	16.70	72.23	21.32	14.25	7.26	10.35	233.64	78.77	417.86	3.09
Median	86.00	16.00	70.00	18.00	12.00	7.00	9.00	197.00	71.00	339.00	3.00
Mode	50	14	73	16	8	7	8	173	46	199	3
Std. Deviation	29.560	5.950	32.340	11.170	7.820	2.730	5.180	116.820	42.600	249.030	1.590
Variance	873.800	35.460	1046.280	124.980	61.210	7.480	26.900	13649.110	1815.090	62020.230	2.530
Skewness	.840	.840	.680	1.310	1.110	.950	2.040	.970	.690	1.130	1.220
Kurtosis	2.110	.560	.620	1.890	1.260	2.620	5.170	.590	-.040	1.270	1.370
Minimum	27	4	12	5	4	2	4	8	6	34	1
Maximum	240	39	197	66	51	22	36	690	227	1424	8
B.G(SOIL)	2-200	10-300	5-1000	5-500	2-100	1-50	1-40	100-300	20-500	5-100	

۵-۸- رابطه ژنتیک بین پارامترهای آماری

به منظور ارزیابی همبستگی دو متغیر بدون در نظر گرفتن واحد اندازه‌گیری، از پارامتری ضریب همبستگی می‌توان استفاده کرد. در محاسبه ضریب همبستگی نیز مانند بسیاری از پارامترهای آماری دیگر، فرض نرمال بودن یا نبودن داده‌ها مهم است. در شرایطی که این فرض برقرار باشد، می‌توان از ضریب همبستگی خطی پیرسون داده‌های دامغان و گرگان استفاده کرد که در جداول (۵-۳ و ۵-۵) آورده شده است. اگر توزیع داده‌ها نرمال نباشد برای محاسبه ضریب همبستگی می‌توان از ضریب ناپارامتری استفاده کرد. این روش‌ها نسبت به توزیع داده‌ها حساس نمی‌باشند. یکی از روش‌های ناپارامتری، محاسبه ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن برای داده‌های دامغان و گرگان است که در جداول (۵-۴ و ۵-۶) آورده شده است.

همبستگی، درجه ارتباط متغیرها را نشان می‌دهد. مقدار این کمیت (r) بین $1 \pm$ متغیر است. صفر به معنی که عدم همبستگی بین آن دو متغیر است. مقدار $+1$ دلالت بر انطباق کامل بین دو متغیر دارد. عکس این حالت زمانی است که مقدار کمیت r برابر -1 باشد، در این حالت یک رابطه معکوس بین دو متغیر مورد بررسی حاکم است. در محاسبه ضریب همبستگی باید سطح معنی‌دار بودن آن در نظر گرفته شود. به طور مثال ممکن است در یک سطح اعتماد مشخص، ضریب همبستگی 0.5 بین دو متغیر، در یک جامعه معنی‌دار باشد ولی ممکن است همین ضریب همبستگی برای این دو متغیر در یک جامعه با تعداد نمونه کمتر معنی‌دار نباشد.

رتبه‌بندی ضرایب همبستگی به صورت زیر بیان می‌شود:

۱- ضریب همبستگی کمتر از 0.35 . ضریب همبستگی پایین نامیده می‌شود.

۲- مقادیر بین 0.35 تا 0.5 . ضریب همبستگی متوسط نامیده می‌شود.

۳- مقادیر بین 0.5 تا 0.65 . در گروه ضریب همبستگی بالا قرار می‌گیرد.

۴- ضریب همبستگی بیشتر از 0.85 . در گروه ضریب همبستگی خیلی بالا قرار می‌گیرد.

جدول ۵-۳: همبستگی دامغان به روش پیرسون

Correlations											
	Zn	Pb	Cr	Ni	Cu	As	Co	Ba	V	Sr	Fe
Zn	1										
Pb	0.594	1									
Cr	-0.212	0.123	1								
Ni	.048	0.299	0.469	1							
Cu	-0.028	0.32	0.55	0.802	1						
As	0.213	0.358	0.182	0.222	0.232	1					
Co	.025	0.256	0.429	0.883	0.742	0.256	1				
Ba	.016	.122	0.167	.041	0.204	-0.064	.012	1			
V	-0.274	0.142	0.585	0.626	0.744	0.165	0.574	0.195	1		
Sr	0.225	-0.090	-0.247	-0.206	-0.257	-0.146	-0.189	0.165	-0.214	1	
Fe	-0.349	.048	0.546	0.562	0.643	0.269	0.604	0.159	0.778	-0.253	1

As با Pb و Fe همبستگی بالای ۳۵٪ و Zn با Pb همبستگی بالای ۵٪ دارند. عناصر Cr، Cu، V، Co، Ni و Fe همبستگی بالا تا خیلی بالایی را نشان می‌دهند که به ماهیت همراهی این عناصر با سنگ‌های مافیک منطقه مرتبط است.

جدول ۵-۴: همبستگی دامغان به روش اسپیرمن

Correlations											
	Zn	Pb	Cr	Ni	Cu	As	Co	Ba	V	Sr	Fe
Zn	1.000										
Pb	0.463	1.000									
Cr	-0.37	0.213	1.000								
Ni	0.142	0.482	0.602	1.000							
Cu	.017	0.49	0.703	0.845	1.000						
As	-0.037	0.309	0.38	0.299	0.322	1.000					
Co	0.098	0.459	0.631	0.919	0.829	0.361	1.000				
Ba	.065	0.23	.204	0.143	.306	-.074	0.095	1.000			
V	-0.24	0.305	0.811	0.641	0.762	0.316	0.673	0.294	1.000		
Sr	0.384	-0.263	-0.625	-0.369	-0.44	-0.374	-0.421	.111	-0.472	1.000	
Fe	-0.29	0.215	0.762	0.561	0.666	0.429	0.651	.186	0.789	-0.47	1.000

Zn با Sr و Pb همبستگی بالای ۳۵٪، Pb با Ni و Co همبستگی بالای ۳۵٪ نشان می‌دهند. عناصر Cr، Cu، V، Co، Ni و Fe همبستگی بالا تا خیلی بالایی را نشان می‌دهند که به ماهیت همراهی این عناصر با سنگ‌های مافیک منطقه مرتبط است.

جدول ۵-۵: همبستگی گرگان به روش پیرسون

Correlations											
	Zn	Pb	Cr	Ni	Cu	As	Co	Ba	V	Sr	Fe
Zn	1										
Pb	0.42	1									
Cr	0.186	0.273	1								
Ni	0.39	0.498	0.643	1							
Cu	0.361	0.599	0.637	0.79	1						
As	0.206	0.385	0.31	0.313	0.229	1					
Co	0.387	0.343	0.6	0.849	0.783	0.206	1				
Ba	0.165	0.496	0.598	0.543	0.704	.126*	0.595	1			
V	0.216	0.437	0.722	0.628	0.819	0.204	0.672	0.763	1		
Sr	-0.177	-0.584	-0.5	-0.359	-0.525	-0.337	-0.292	-0.581	-0.595	1	
Fe	0.322	0.292	0.736	0.625	0.7	0.174	0.737	0.735	0.845	-0.445	1

Zn با Co و Ni و Pb همبستگی بالای ۳۵٪، Pb با Ni و Cu و As و Co و Ba و V همبستگی بالای ۳۵٪ نشان می‌دهند. عناصر Cr، Cu، V، Co، Ni و Fe همبستگی بالا را نشان می‌دهند که به ماهیت همراهی این عناصر با سنگ‌های مافیک منطقه مرتبط است.

جدول ۵-۶: همبستگی گرگان به روش اسپیرمن

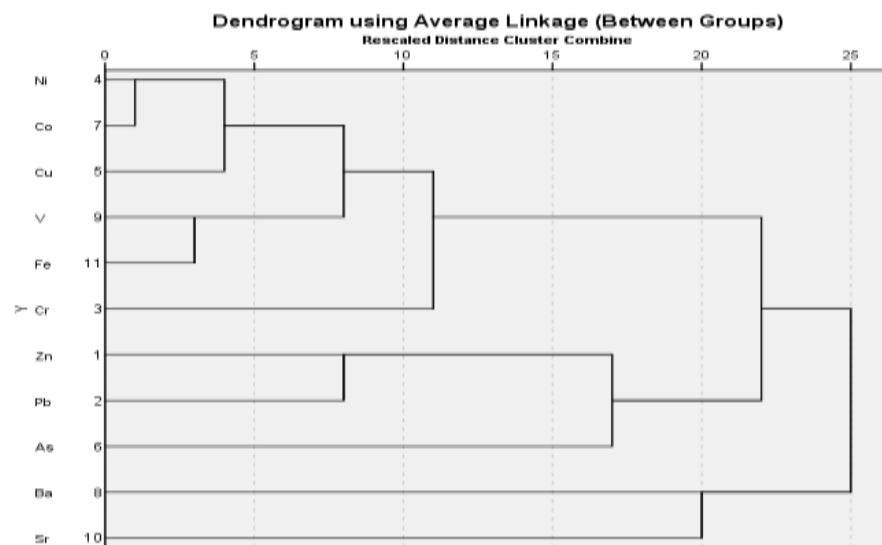
Correlations											
	Zn	Pb	Cr	Ni	Cu	As	Co	Ba	V	Sr	Fe
Zn	1.000										
Pb	0.447	1.000									
Cr	0.261	0.375	1.000								
Ni	0.469	0.527	0.687	1.000							
Cu	0.458	0.678	0.666	0.751	1.000						
As	0.249	0.369	0.399	0.371	0.289	1.000					
Co	0.448	0.49	0.636	0.857	0.734	0.269	1.000				
Ba	0.275	0.624	0.667	0.564	0.747	0.194	0.619	1.000			
V	0.284	0.562	0.731	0.639	0.844	0.299	0.677	0.768	1.000		
Sr	-0.213	-0.696	-0.556	-0.391	-0.632	-0.413	-.404**	-0.693	-0.688	1.000	
Fe	0.366	0.409	0.756	0.644	0.725	0.289	0.739	0.706	0.82	-0.527	1.000

As با Co و Ba و V و Fe ضریب همبستگی کمتر از ۳۵٪، Zn با Pb و Ni و Cu و Co همبستگی بالای ۳۵٪، Pb با Ni و Cu و Ba و V همبستگی بالای ۵۰٪ را نشان می‌دهند. عناصر Cr، Cu، V، Co، Ni و Fe همبستگی بالا را نشان می‌دهند که به ماهیت همراهی این عناصر با سنگ‌های مافیک منطقه مرتبط است.

۵-۹- آنالیز خوشه‌ای

به منظور تعیین ارتباط ژنتیکی بین کلیه متغیرهای موجود با استفاده از ماتریس همبستگی به انجام تجزیه و تحلیل خوشه‌ای اقدام نمود که یکی از روش‌های بررسی چند متغیره محسوب می‌شود و بیشتر جهت طبقه‌بندی متغیرهای مورد بررسی بر اساس تشابه بین گروهی و یا درون گروهی می‌باشد. در این روش دسته‌بندی بر اساس شباهت میان یک یا چند متغیر صورت می‌گیرد و نتیجه به صورت دندروگرام که متغیرها را خوشه بندی نموده ارائه می‌شود (Peter, 1978). در اینجا از روش **Between Groups** به منظور خوشه‌بندی استفاده شده است. نمودار خوشه‌ای بین متغیرها در

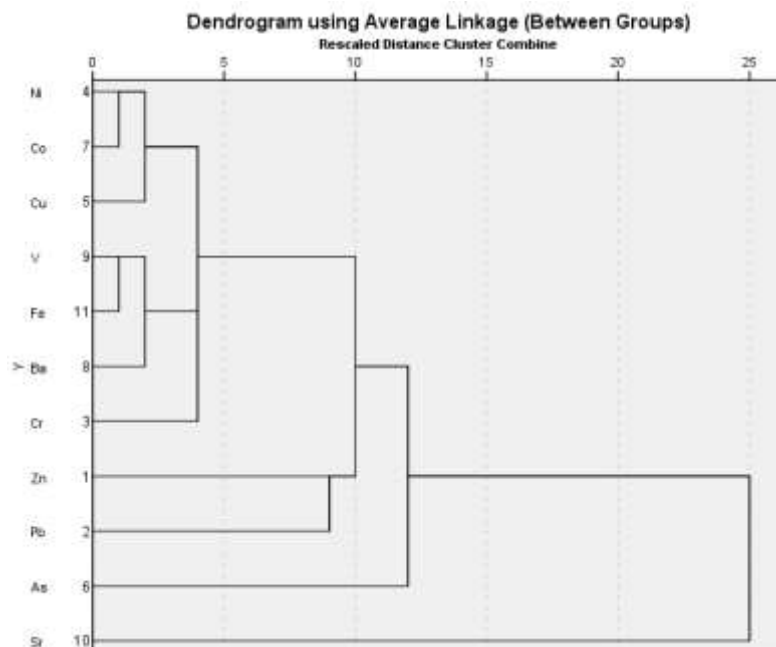
اشکال ۵-۱۴ و ۵-۱۵ آورده است.



شکل ۵-۱۴: نمودار دندروگرام خوشه‌ای عناصر دامغان

با توجه به نمودار درختی، گروه‌های اصلی زیر را می‌توان جدا نمود: گروه اول شامل **Ni** و **Co** با **Cu** و **Fe** و **V** است و **Cr** با این عناصر همبسته است. و گروه دوم شامل **Zn** و **Pb** و **As** به هم وابسته‌اند و گروه سوم شامل **Ba** و **Sr** به هم در ارتباط هستند. در گروه اول بیشتر بنظر می‌رسد روابط بین عناصر دربرگیرنده سنگ‌ساز منطقه بررسی شده، این درحالی است که گروه دوم با همبستگی کمتری

روابط عناصر محتمل هاله‌های لیتوزئوشیمیایی ثانویه منطقه را معرفی می‌نماید. لازم به ذکر است که وابستگی **As** به **Pb** بیشتر است.



شکل ۵-۱۵: نمودار دندروگرام خوشه‌ای عناصر گرگان

برای شیت گرگان نیز گروه اول شامل **Ni** و **Co** و **Cu** در ارتباط با **V** و **Fe** و **Ba** و **Cr** هستند و **Pb** با **Zn** در گروه دوم در ارتباط دورتری با **As** هستند. بطور مشابه با منطقه دامغان در این منطقه نیز گروه اول بیشتر عناصر سنگ‌ساز را معرفی می‌نماید و گروه دوم با هاله‌های لیتوزئوشیمیایی ثانویه **Zn** را معرفی می‌نماید.

۵-۱۰- روش آنالیز فاکتوری

این روش برای کاهش دادن ابعاد داده‌های و تشخیص اصلی‌ترین متغیرهای کنترل‌کننده تغییرپذیری‌ها است. بر این اساس می‌توان با حداقل تعداد فاکتوری، حداکثر تغییرپذیری بین داده‌ها را توجیه و سهم نسبی هر یک از متغیرها را در فاکتوری مربوطه توجیه کرد. چرخش عامل‌ها فرآیندی برای تعدیل محور عاملی به‌منظور دستیابی به عامل‌های معنی‌دار ساده انجام می‌گیرد. ساده‌ترین حالت دوران، یک دوران متعامد است که محورهای جدید باهم زاویه ۹۰ درجه می‌سازند. در

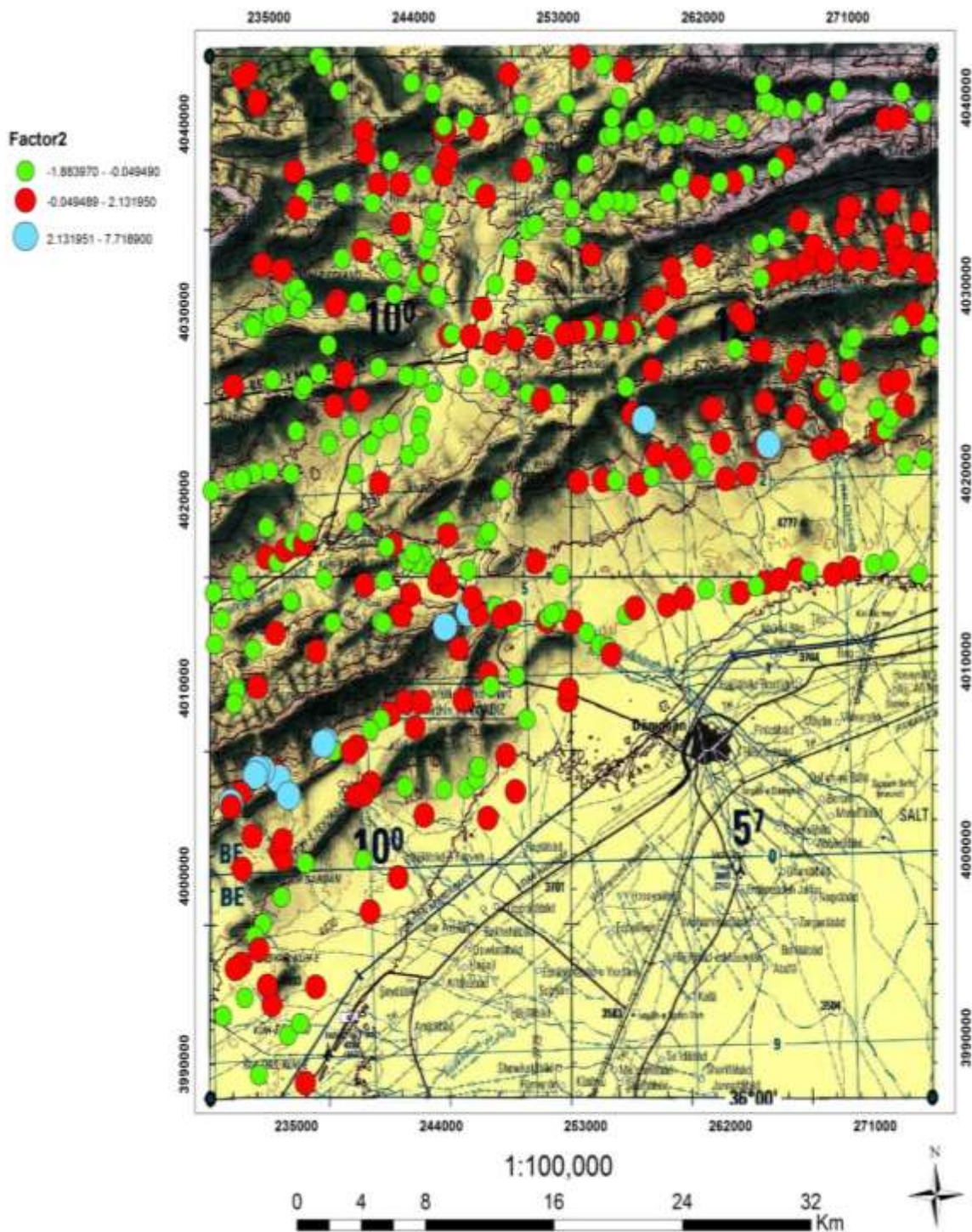
حالتی که دوران باعث شود. دوران واریمکس یک دوران متعامد است که روی بارهای فاکتوری صورت می‌گیرد. این دوران تغییرات مربعات عناصر ستون بارهای فاکتوری را ماکزیمم می‌کند. مقادیر بار فاکتوری دوران واریمکس نسبت به روش‌های دیگر دربردارنده نتایج بهتری است. این روش مقادیر نسبتاً بزرگ عددی یا صفر به ستون‌های ماتریس ضرایب عامل‌ها اختصاص می‌دهد. در نتیجه فاکتورهایی که ایجاد می‌شوند، یا به متغیرها وابسته‌اند و یا مستقل از آن‌ها هستند (کینیروگری، ۲۰۰۷) در جداول ۷-۵ و ۸-۵ ماتریس دوران واریمکس داده‌ها نشان داده شده‌اند.

جدول ۷-۵: آنالیز فاکتوری دامغان

Rotated Component Matrix ^a			
	Component		
	1	2	3
Zn	-.256	.868	.166
Pb	.187	.838	.052
Cr	.720	-.073	-.012
Ni	.818	.295	-.098
Cu	.883	.214	.015
As	.238	.510	-.337
Co	.794	.274	-.136
Ba	.253	-.009	.804
V	.882	-.087	.039
Sr	-.298	.077	.662
Fe	.852	-.150	-.072

مولفه اول شامل عناصر Fe و V و Co و Cu و Ni و Cr، مولفه دوم شامل عناصر Zn و Pb ارتباط نسبتاً خوبی با As دارند مرتبط با کانی‌ساز هستند منطقه هستند و مولفه سوم شامل عناصر Sr و Ba هستند.

برای شیت دامغان با توجه به اطلاعات بدست آمده، عناصر Zn، Pb، As از مهم‌ترین عناصر آنالیز فاکتوری دوم می‌باشد. نقشه آنالیز فاکتوری دوم بر روی نقشه‌ی توپوگرافی رسم شده که در شکل ۵-۱۶ نشان داده شده است. نقشه‌ی توپوگرافی از سایت نقشه‌های توپوگرافی ایران، گرفته شده است.



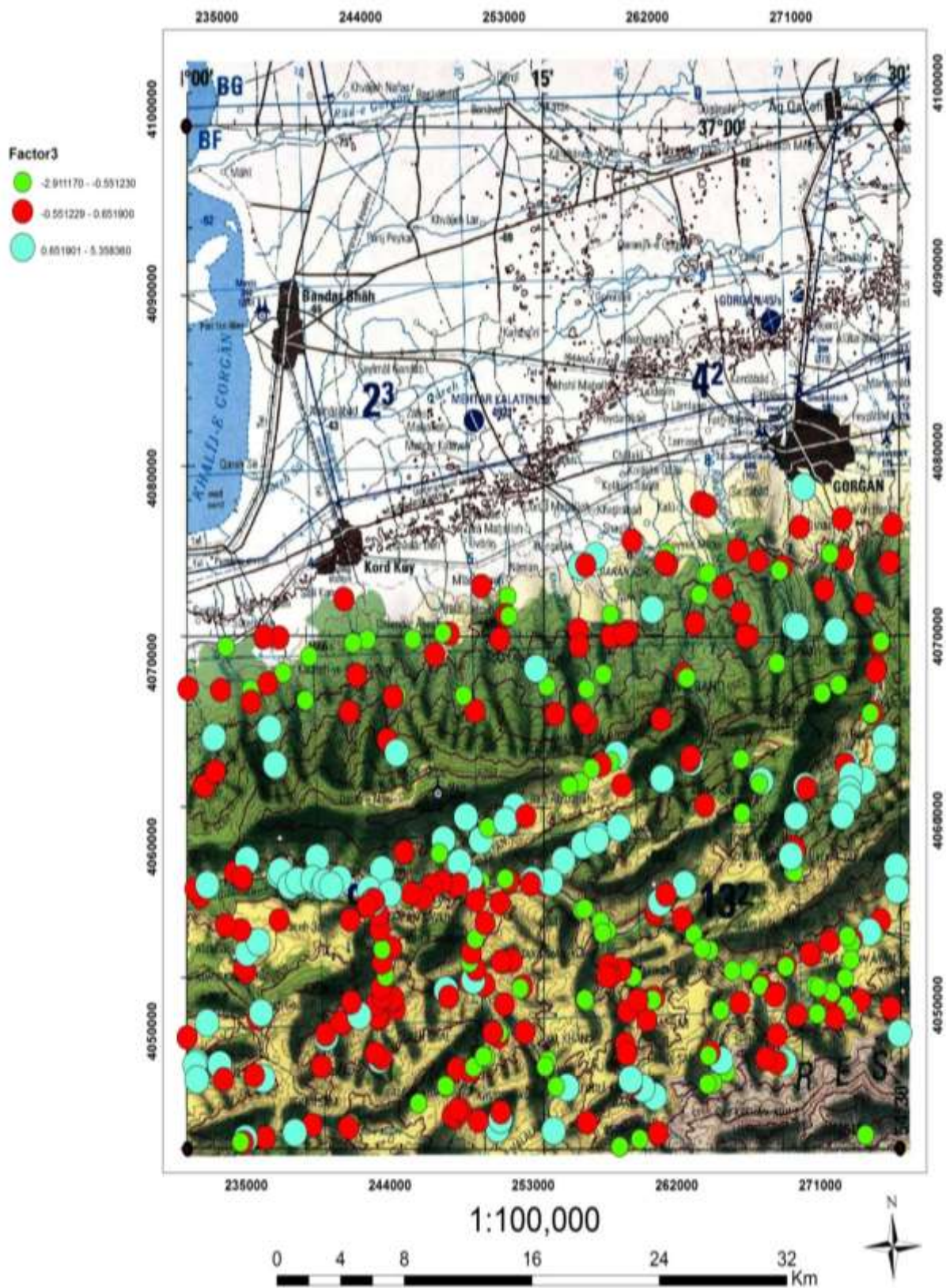
۵-۱۶: آنالیز فاکتوری ۲ شیت دامغان

جدول ۵-۸: آنالیز فاکتوری گرگان

Rotated Component Matrix ^a			
	Component		
	1	2	3
Zn	.086	.243	.820
Pb	.264	.770	.300
Cr	.799	.197	.068
Ni	.685	.187	.543
Cu	.794	.295	.337
As	.022	.701	.227
Co	.769	.000	.522
Ba	.824	.288	-.048
V	.898	.248	.043
Sr	-.492	-.728	.187
Fe	.889	.065	.182

مولفه اول شامل عناصر Cr و Ni و Cu و Ba و Co و V و Fe ، مولفه دوم عناصر Pb و As ارتباط قوی عکس با Sr و مولفه سوم Zn را شامل می‌شود که بر ارتباط با Ni نیست. لازم به ذکر است اهمیت اصلی Ni در مولفه اول است.

برای شیت گرگان عنصر Zn از آنالیز فاکتوری ۳ از مهم‌ترین عوامل برای شناسایی مناطق پرپتانسیل - می‌باشد که در شکل ۵-۱۷ آورده شده است.



شکل ۵-۱۷: آنالیز فاکتوری ۳ شیت گرگان

۵-۱۱- نمودار احتمال

به منظور دستیابی به زمینه، حدآستانه و آنومالی از نرم افزار **probplot** و مدل سازی نمودار احتمال استفاده شده است. نمودار احتمال اولین بار توسط هازن^۱ در سال ۱۹۱۴ مطرح شد. او برای ساده کردن تفسیر داده‌های مربوط به یک ذخیره از نمودار درصد فروانی نسبی تجمعی استفاده کرد که در آن مقیاس هر دو محور حسابی بود. همچنین از نمودار احتمال برای جداسازی جوامع مختلف استفاده می‌شود (Sinclair, A.j. 1981).

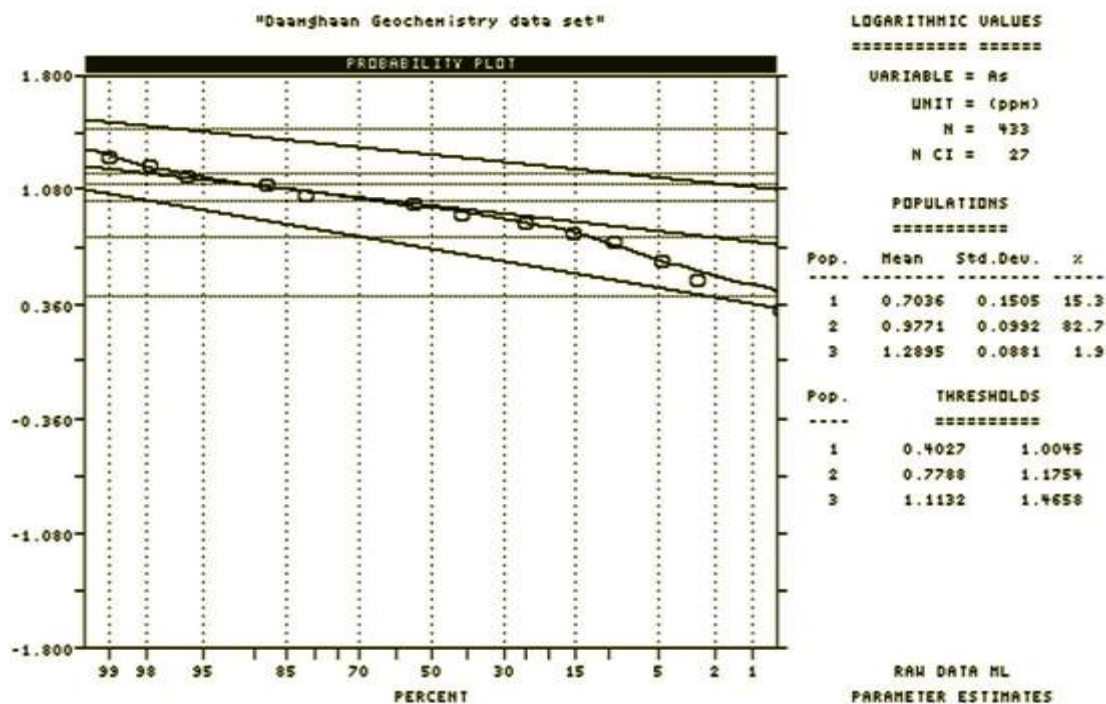
ابتدا داده‌ها در نرم افزار فراخوانی شده بعد از بررسی نرمال بودن و یا نبودن داده‌ها در صورت نیاز داده‌ها را لگاریتمی می‌کنیم سپس با توجه به توزیع داده‌ها تعداد جوامع حدس زده می‌شود و درصدی را به هریک از جوامع نسبت داده تا بیشترین انطباق بین خط برازش ایجاد شود در صورت استفاده از داده‌های لگاریتمی آنتی‌لوگ گرفته سپس مقادیر زمینه، حدآستانه، آنومالی هر یک از جوامع بدست می‌آید.

همان طور که ملاحظه می‌شود عنصر آرسنیک سه جامعه می‌باشد که ۱۵ درصد آن زمینه که مقدار آن ۱-۱۰ ppm و ۸۳ درصد آن حدآستانه که مقدار ۲۰-۱۱ ppm و ۲ درصد آن آنومالی که ۳۰-۲۱ ppm می‌باشد (شکل ۵-۱۸) و برای عنصر Zn شامل سه جامعه ۱۰ درصد آن زمینه که مقدار آن ۳۵-۷۰ ppm و ۸۷ درصد آن حد آستانه که مقدار آن ۱۷۱-۷۱ ppm می باشد و ۳ درصد آن آنومالی که مقدار آن ۱۷۱-۳۷۸ می باشد (شکل ۵-۱۹) و برای عنصر سرب که سه جامعه می‌باشد ۱۳ درصد آن زمینه که مقدار آن ۴۰-۵ ppm و ۸۳ درصد آن حد آستانه که مقدار آن ۱۰۰-۴۱ ppm و ۳ و مقادیر بیش از ۱۰۲ ppm آنومالی محسوب می‌شود که ۳ درصد می‌باشد (شکل ۵-۲۰).

¹hazen

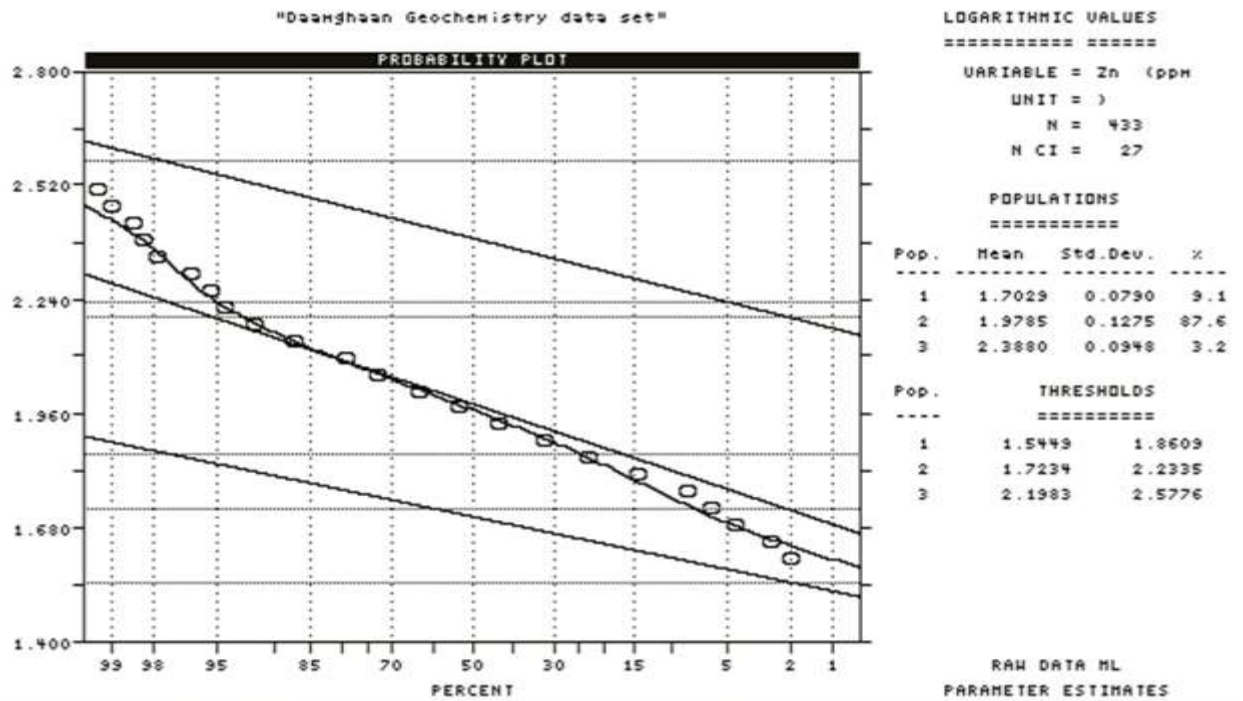
برای شیت گرگان با توجه به شکل (۵-۲۱)، روی از چهار جامعه تشکیل شده است که مقدار زمینه ppm ۱۰۰-۲۷ و حدآستانه آن ppm ۲۱۰ - و مقادیر ۲۴۰-۲۱۰ ppm آنومالی ضعیف محسوب می‌شود که یک درصد می‌باشد.

در نهایت با توجه به مقادیر بدست آمده از نمودار احتمال این مقادیر در محیط GIS کلاسه‌بندی شده و بر روی نقشه‌ی توپوگرافی ترسیم شده است. با توجه به این که مقادیر، رسوب‌آبراهه‌ای می‌باشد این داده‌ها بر روی نقشه توپوگرافی رسم گردیده تا بتوان محل دقیق آنومالی را مشخص نمود که نقشه‌های آن در اشکال ۵-۲۲ تا ۵-۲۵ آورده شده است. لازم به ذکر است که مناطق آنومال در کادر مشکی مشخص شده‌اند.



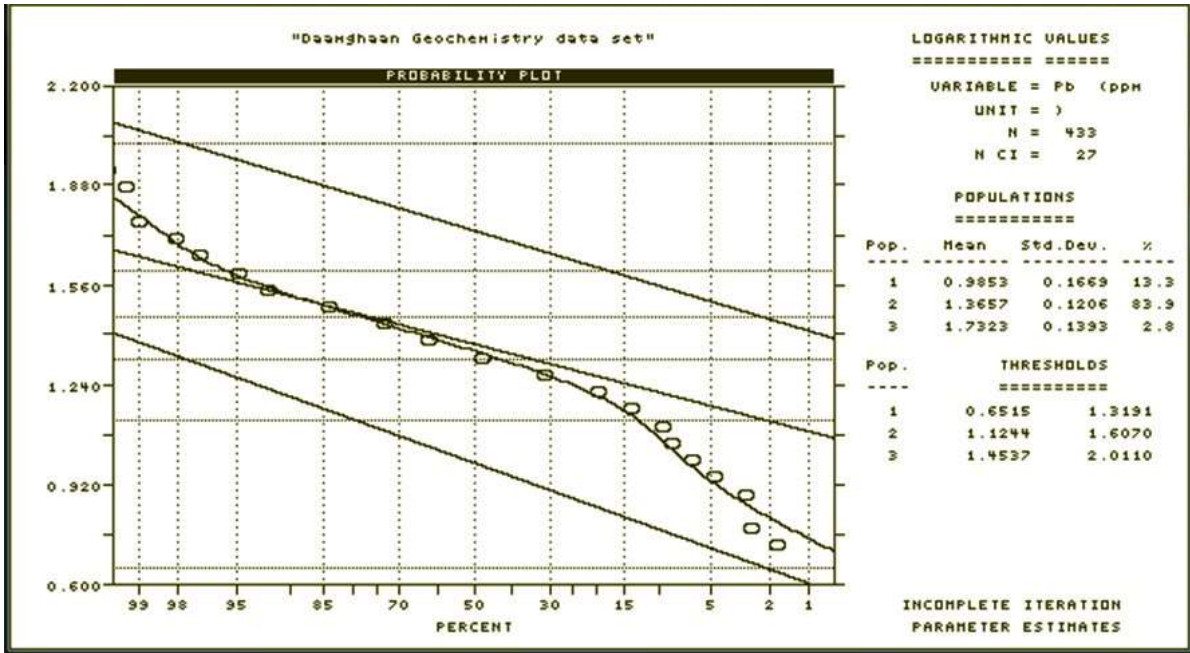
population	Mean (ppm)	Percentage	Thresholds(ppm)
1	5.054	15.35	2.528 | 10.104
2	9.487	82.73	6.010 | 14.978
3	19.474	1.93	12.977 | 29.225

شکل ۵- ۱۸ : نمودار احتمال عنصر آرسنیک (ppm) واقع در شیت دامغان



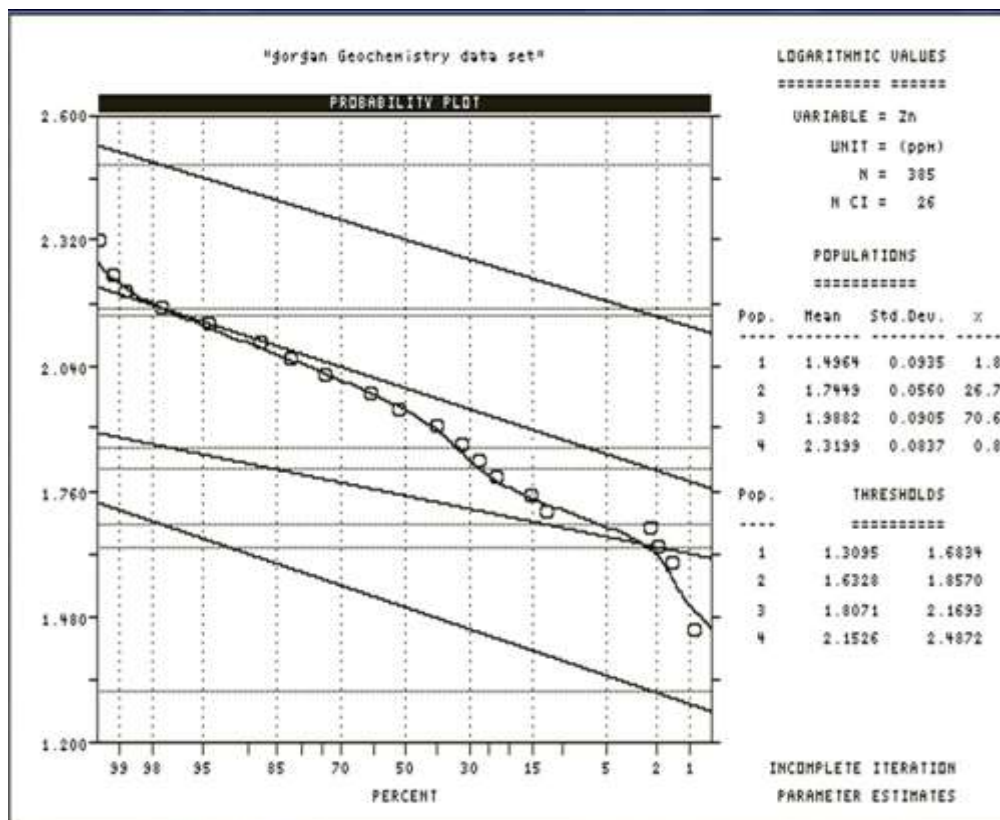
Population	Mean(ppm)	Percentage	Thresholds(ppm)	
1	50.452	9.12	35.067	72.587
2	95.16	87.65	52.892	171.205
3	244.322	3.23	157.881	378.12

شکل ۵-۱۹: نمودار احتمال عنصر روی (ppm) واقع در شیت دامغان



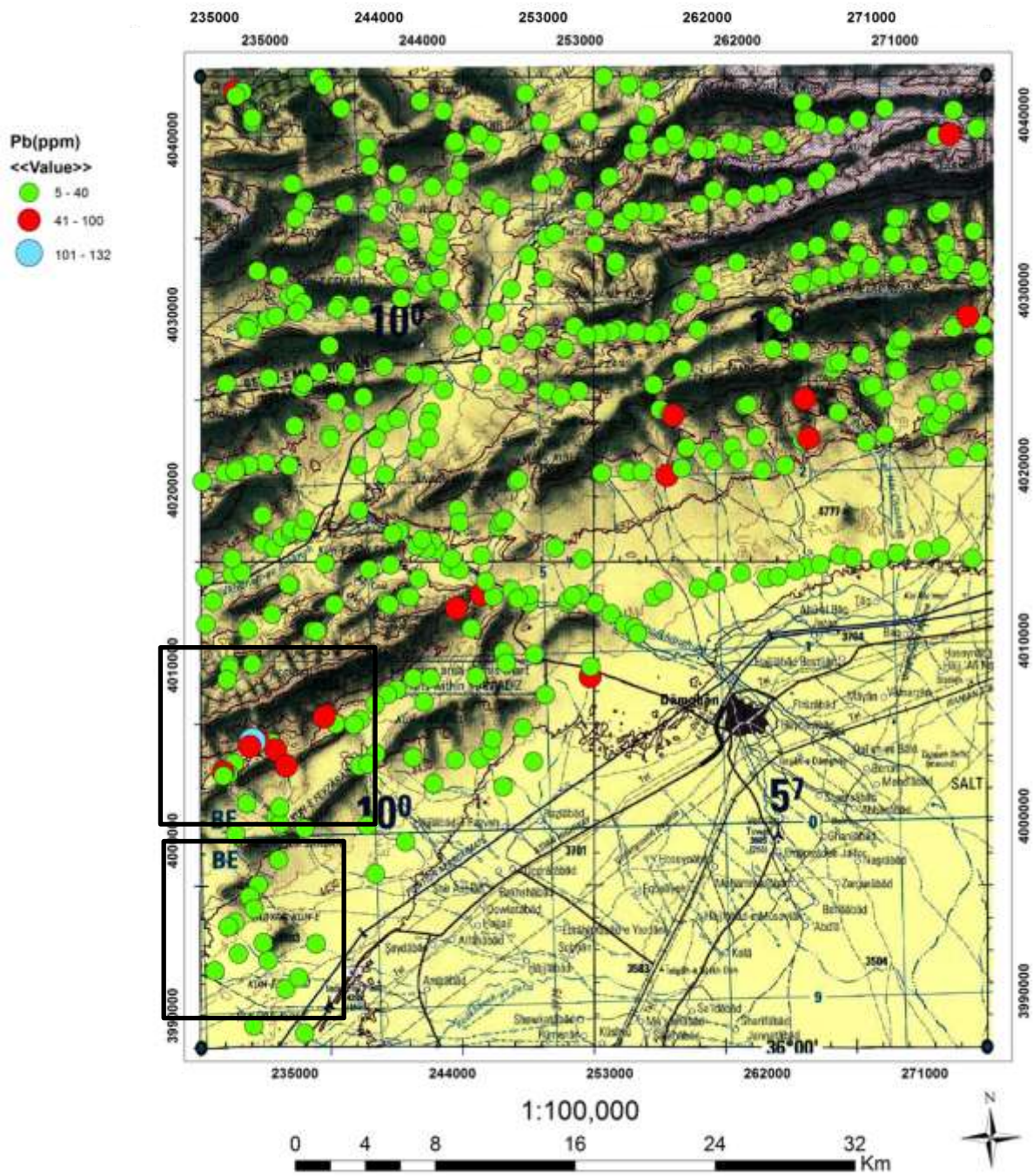
Population	Mean(ppm)	Percentage	Thresholds(ppm)
1	9.667	13.30	4.482 20.851
2	23.210	83.85	13.317 40.454
3	53.992	2.84	28.422 102.567

شکل ۵-۲۰: نمودار احتمال عنصر سرب (ppm) واقع در شیت دامغان

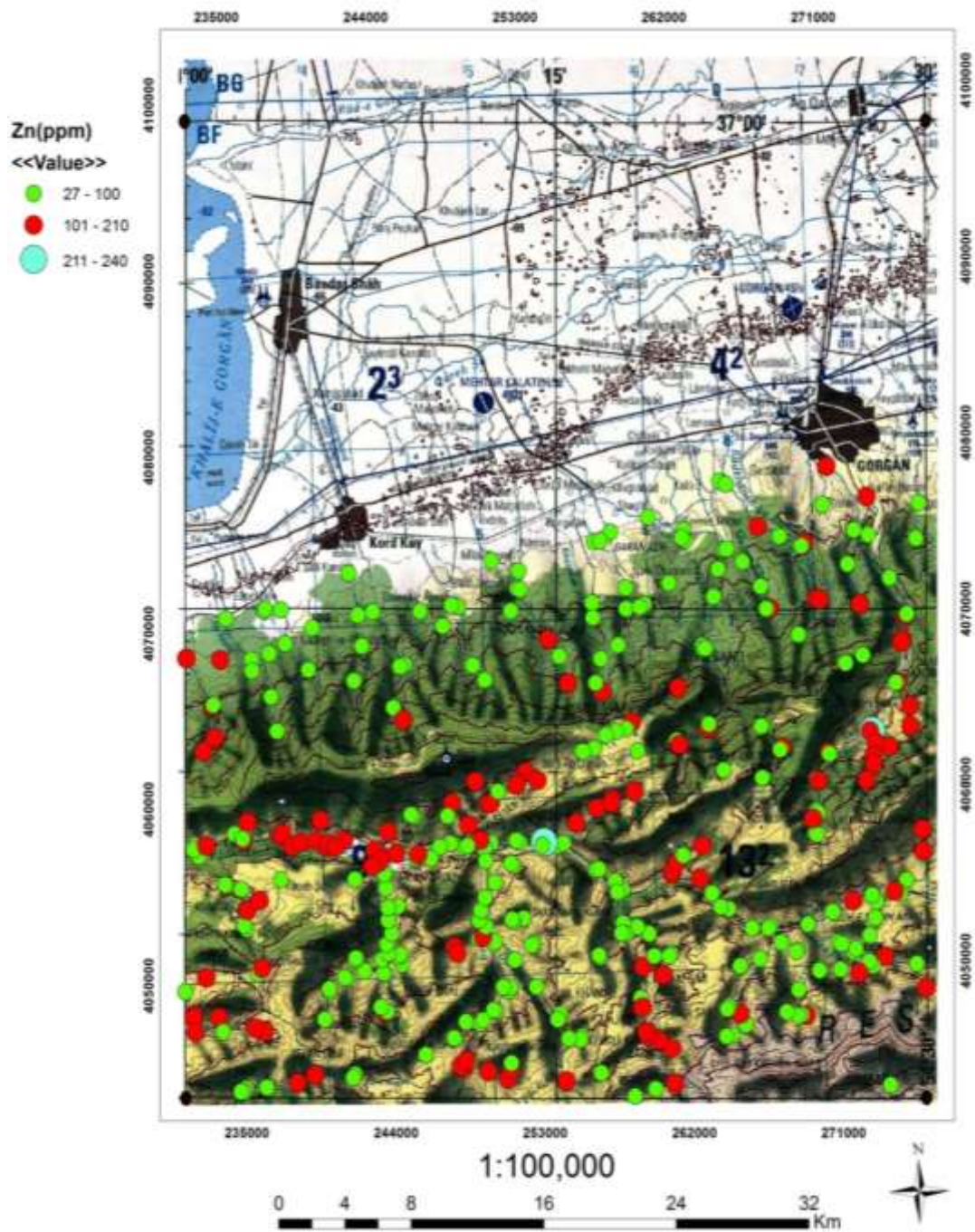


Pop.	Mean(ppm)	Percentage	Thresholds(ppm)	
1	31.365	1.85	20.396	48.235
2	55.582	26.75	42.939	71.948
3	97.317	70.62	64.135	147.666
4	208.872	0.79	142.087	307.048

شکل ۵-۲۱: نمودار احتمال عنصر روی (ppm) واقع در شیت گرگان

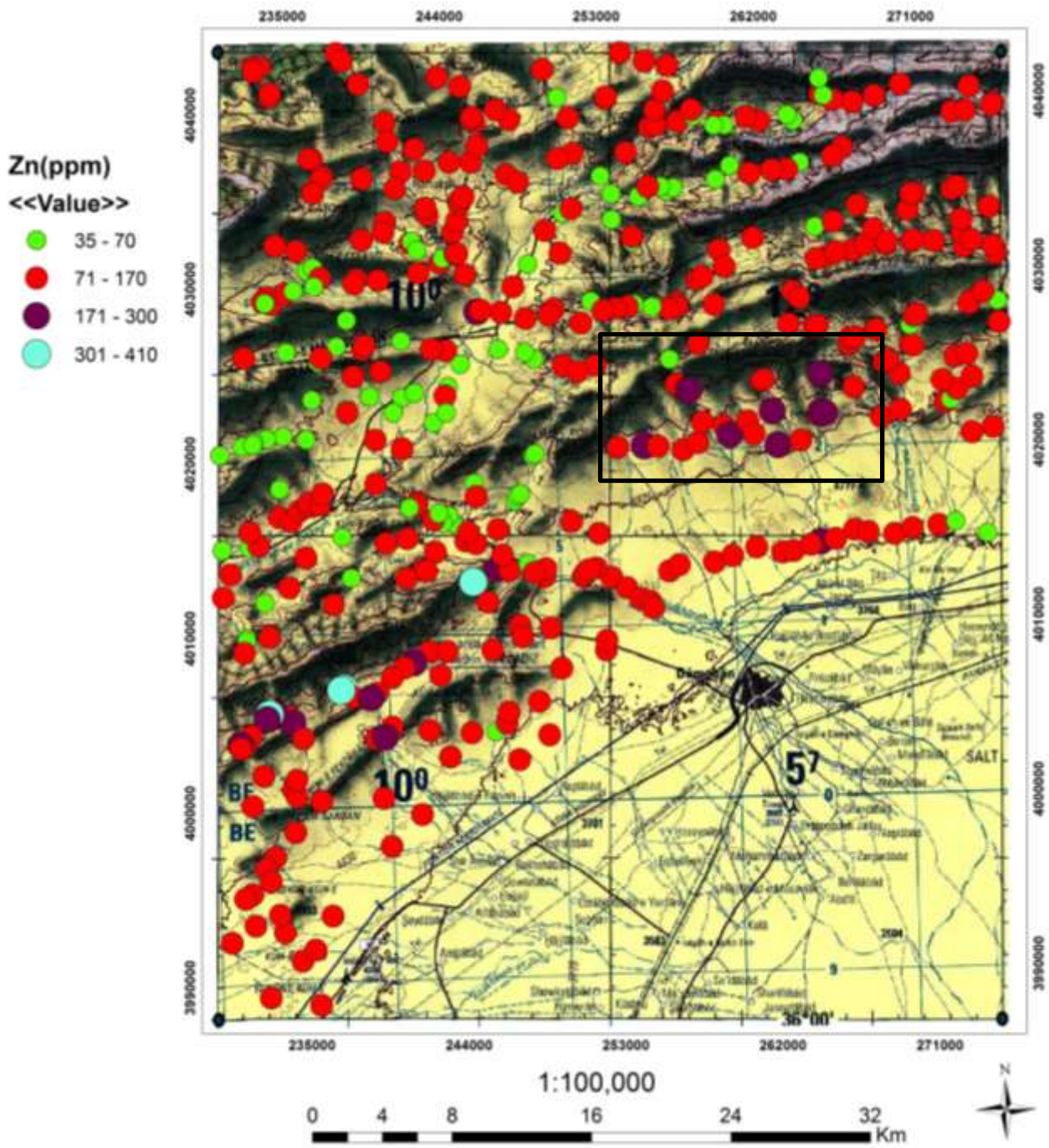


شکل ۵-۲۲: موقعیت عنصر آرسنیک واقع در شیت دامغان



شکل ۵-۲۳: موقعیت عنصر سرب واقع در شیت دامغان

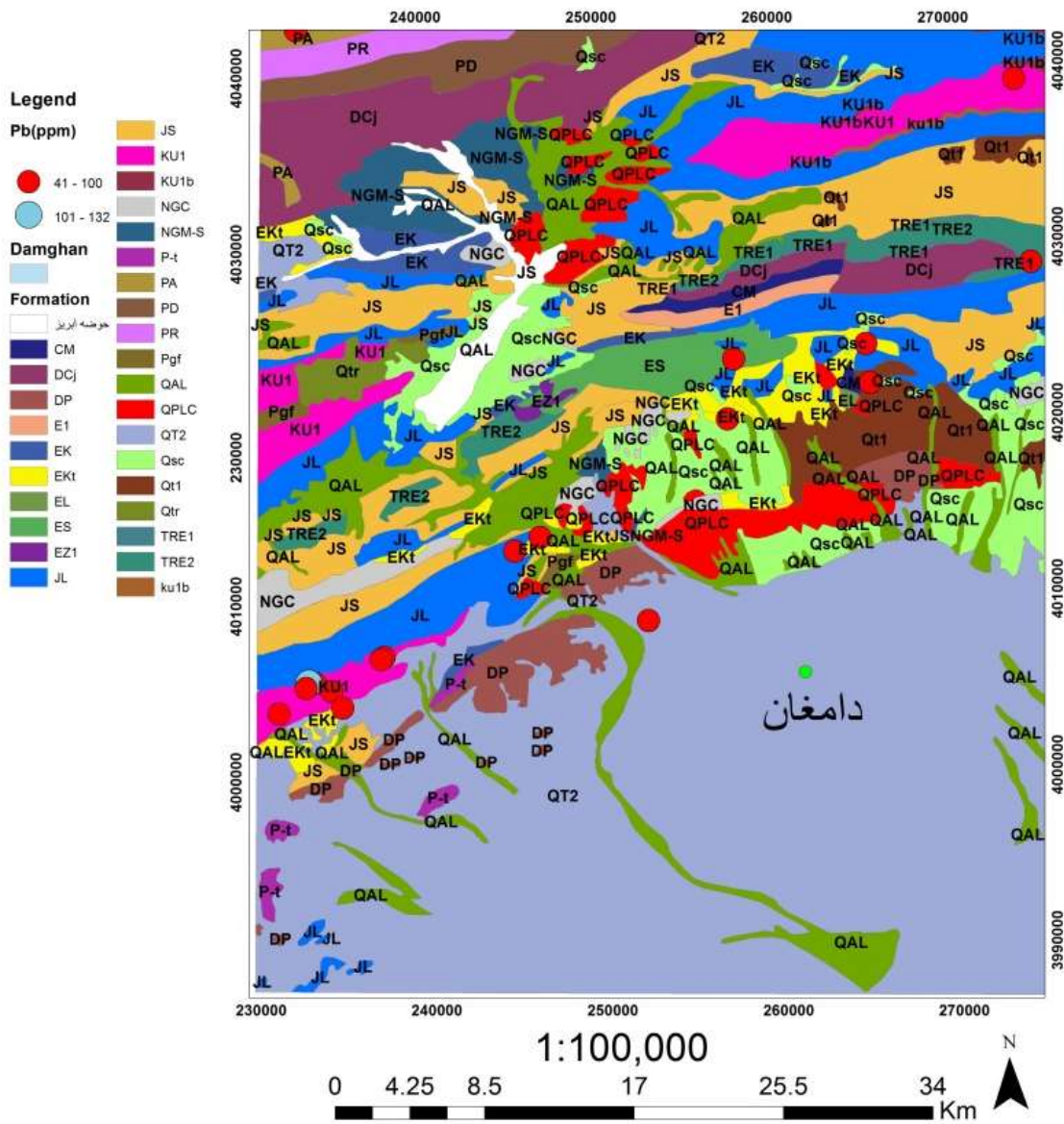
شکل ۵-۲۴: موقعیت عنصر روی واقع در شیت گرگان



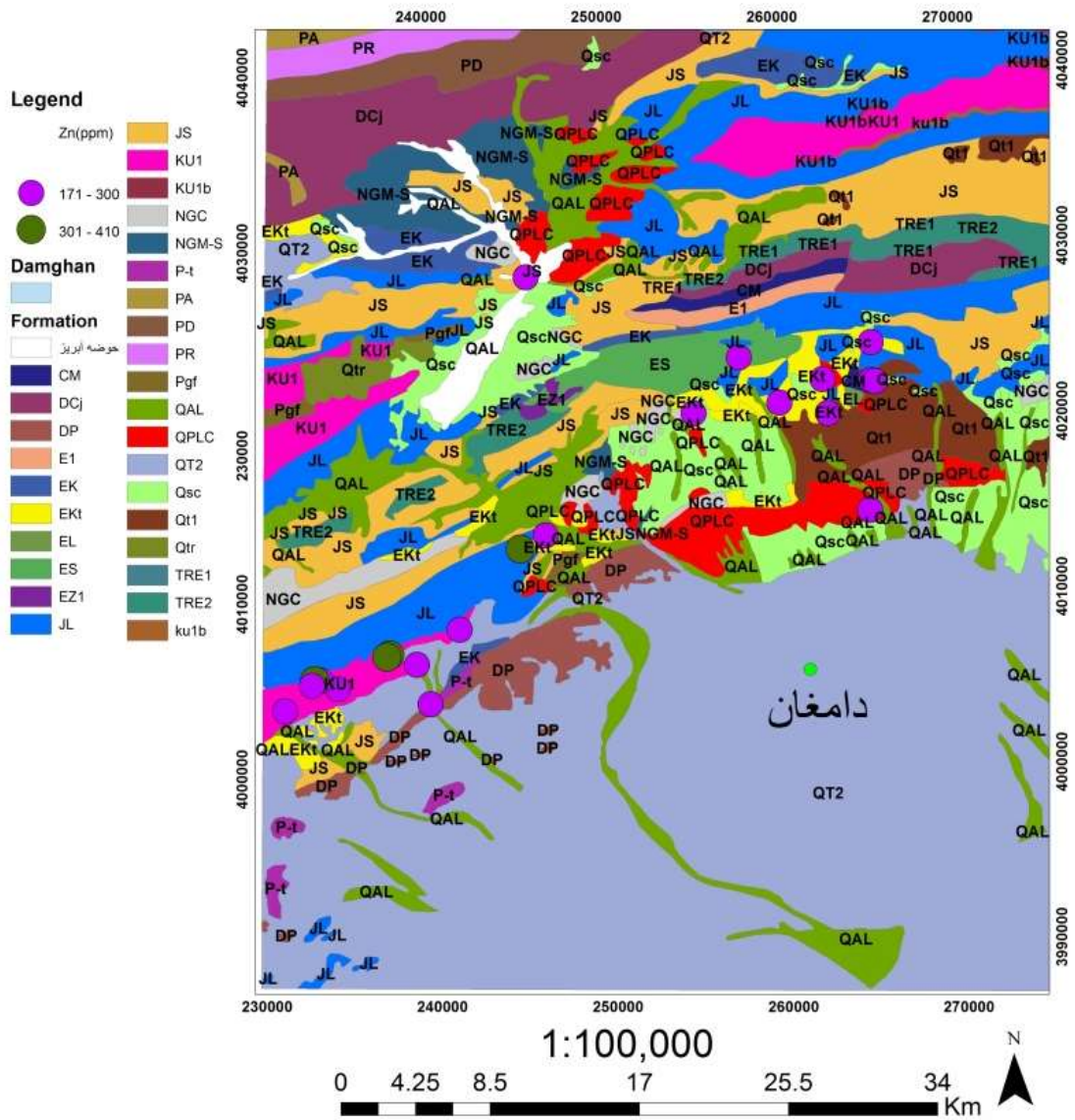
شکل ۵-۲۵: موقعیت عنصر روی واقع در شیت دامغان

۵-۱۲- نتیجه‌گیری

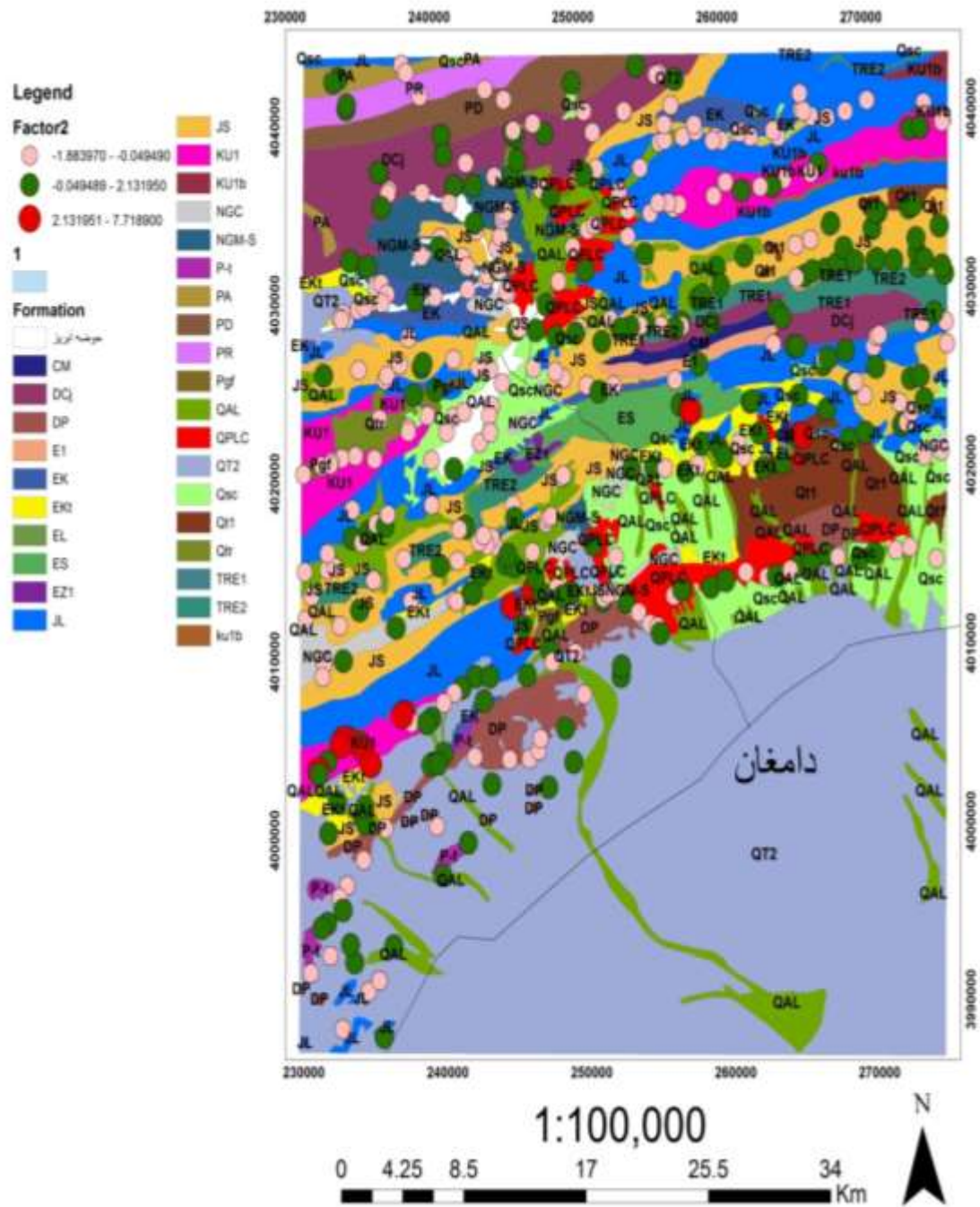
منشا کانی‌زایی منطقه دامغان Ekt، همان توف و شیل‌های توفی با جریان‌های گدازه‌ای (اُوسن) می‌باشد و سازندهای، KU1 و JL و QPLC و QSC محل تجمع عناصر سرب و روی است (اشکال ۵-۲۶ و ۵-۲۷) و نقشه زمین‌شناسی آنالیز فاکتوری دوم برای شیت دامغان در شکل (۵-۲۸) مشاهده می‌شود. منشا کانی‌زایی در منطقه گرگان همان Ekt می‌باشد که این سازند در شیت علی آباد قرار دارد. یکی از معادن مهم سرب و روی شیت علی‌آباد که در نزدیکی شیت گرگان قرار دارد می‌توان به معدن سرب و روی تاش مجن اشاره کرد. که این احتمال وجود دارد سیال کانه‌دار، حاوی عنصر روی توسط گسل حمل شده باشد (شکل ۵-۲۹). از جمله سازندهای مهم شیت گرگان که محل تجمع عنصر روی می‌باشد JS3 و dkh را می‌توان نام برد (شکل ۵-۳۰) و نقشه زمین‌شناسی آنالیز فاکتوری سوم برای شیت گرگان در شکل (۵-۳۱) مشاهده می‌شود.



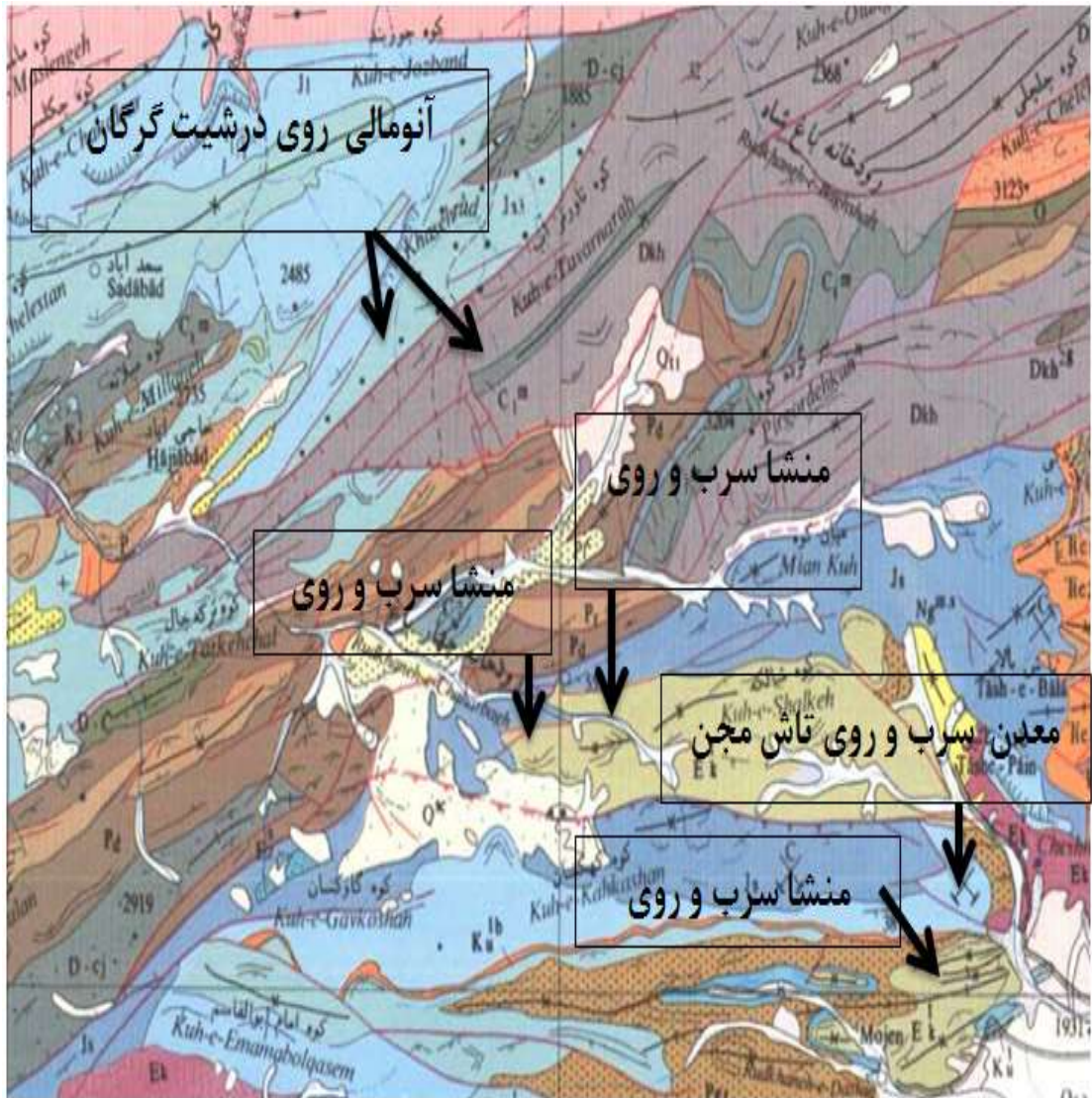
شکل ۵-۲۶: موقعیت عنصر سرب واقع در شیت دماغان



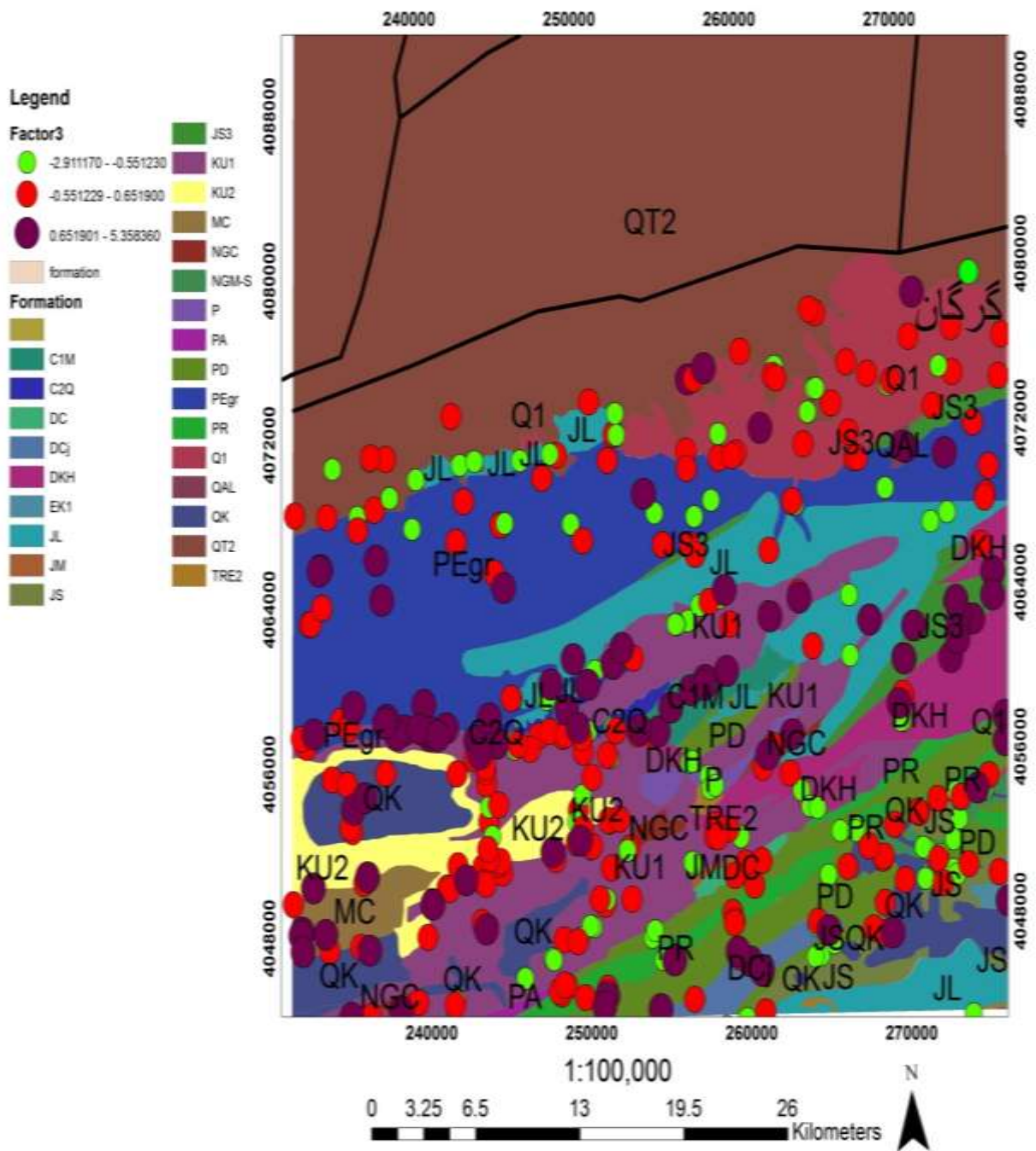
شکل ۵-۲۷: موقعیت عنصر روی واقع در شیت دماغان



شکل ۵-۲۸: آنالیز فاکتوری دوم، واقع در شیت دامغان



شکل ۵- ۲۹: نقشه شیت علی آباد منشا کانی سازی منطقه گرگان



شکل ۵-۳۱: آنالیز فاکتوری سوم، واقع در شیت گرگان

فصل ششم

تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS

۶-۱- منطق فازی

روش منطق فازی روشی است که در آن لایه‌های مختلف در سطوح مختلف وزن‌دهی شده و دانش کارشناسی در آن دارای بیشترین نقش می‌باشد. در این روش، فاکتورهای مختلف کنترل‌کننده کانی‌سازی از سنگ‌میزبان، ساختارها، آنومالی ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی و بررسی‌های دور سنجی و کارهای قدیمی انجام شده تعیین می‌گردند و به هر لایه اطلاعاتی (عضو فازی) وزن خاصی بین صفر تا یک بسته به اهمیت آن داده می‌شود. عدد یک‌نشان دهنده درجه عضویت فازی کامل و عدد صفر نشان دهنده عدم وجود عضویت فازی می‌باشد. در بعضی از لایه‌ها، باتوجه به شعاع تاثیر آنها، ممکن است تا چندین متر اطراف لایه مورد نظر با توجه به شعاع تاثیر وزن‌دهی شوند (پشنگ، ۱۳۹۱).

بعد از تخصیص وزن به تمام الگوهای (کلاس‌های مختلف) نقشه‌های شاهد، کلیه نقشه‌ها با هم تلفیق شوند. در این خصوص پنج عملگر فازی شامل AND فازی، OR فازی، حاصلضرب جبری فازی، حاصل جمع جبری فازی و گامای فازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. انتخاب نوع عملگر فازی، برای استفاده در تلفیق مجموعه‌های فازی از شواهد فضایی، با در نظر گرفتن این که کدام یک از آن‌ها یا کدام ترکیب از آن‌ها می‌تواند وابستگی بین مجموعه الگوهای شاهد را با کانی‌سازی به تصویر بکشد، صورت می‌گیرد (امیری رودبار، ۱۳۹۲).

۶-۱-۱- عملگر "و"

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

$$\mu_{combination} = \text{Min}(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots) \quad (1-6)$$

که در آن μ_A مقدار عضویت فازی برای نقشه A می‌باشد. عملیات عملگر "و" در مواقعی که دو یا چند قسمت از مدارک و شواهد، برای اثبات فرضیه‌ای باید با هم وجود داشته باشند، مناسب است (پشنگ، ۱۳۹۱).

۶-۱-۲- عملگر فازی "یا"

این عملگر نیز مانند عملگر OR در منطق بولین است و نقشه خروجی با بیشترین مقدار از مقادیر نقشه های ورودی کنترل می شود.

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

این عملگر در برخی موارد برای تهیه نقشه های پتانسیل به کار می رود. در جاهایی که شاخص های مورد نظر کمیاب هستند و وجود نشانه می تواند برای اظهار مطلوبیت کافی باشد (پشنگ، ۱۳۹۱).

۶-۱-۳- حاصلضرب جبری فازی

این عملگر به صورت زیر تعریف می شود :

$$\mu_{combination} = \prod_i^n \mu_i \quad (3-6)$$

که در آن n مشخصه و شمارنده تعداد نقشه‌ها است. چون در این تابع چندین عدد کوچکتر از یک در هم ضرب می شوند، مقدار عضویت به دست آمده همواره کوچکتر یا مساوی کوچکترین مقدار عضویت مشترک می باشد. به عبارت دیگر اثر این عملگر کاهنده است (پشنگ، ۱۳۹۱).

۶-۱-۴- عملگر حاصل جمع جبری فازی

این عملگر مکمل حاصلضرب جبری فازی است و به صورت زیر تعریف می شود.

$$\mu_{combination} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \quad (4-6)$$

نتیجه خروجی همیشه بزرگتر یا مساوی بزرگترین مقدار عضویت فازی می‌باشد و برعکس عملگر فازی حاصلضرب جبری، اثر آن افزایشی است. در واقع شواهد همدیگر را تقویت می‌کنند و تأثیر مثبت بیشتری را نسبت به حالت انفرادی خود اعمال می‌کنند (پشنگ، ۱۳۹۱).

۶-۱-۵- عملگر فازی گاما

این عملگر به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\mu_{combination} = (\prod_{i=1}^n \mu_i)^{1-\gamma} (1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i))^{\gamma} \quad (5-6)$$

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

به وسیله عملگر گاما تمامی مجموعه‌هایی که با عملگرهای دیگر به دست آمده‌اند با هم ترکیب و نقشه خروجی حاصل می‌شود. در پروژه‌های اکتشافی مقادیر تابع فازی گامای محاسبه شده، نشان دهنده محل‌های مناسب کانی‌زایی و معرف میزان ارتباط بخش‌های جتمل کانی‌سازی شده به بخش‌های مختلف منطقه خواهد بود (پشنگ، ۱۳۹۱).

۲-۶- کلاسه‌بندی لایه‌ها

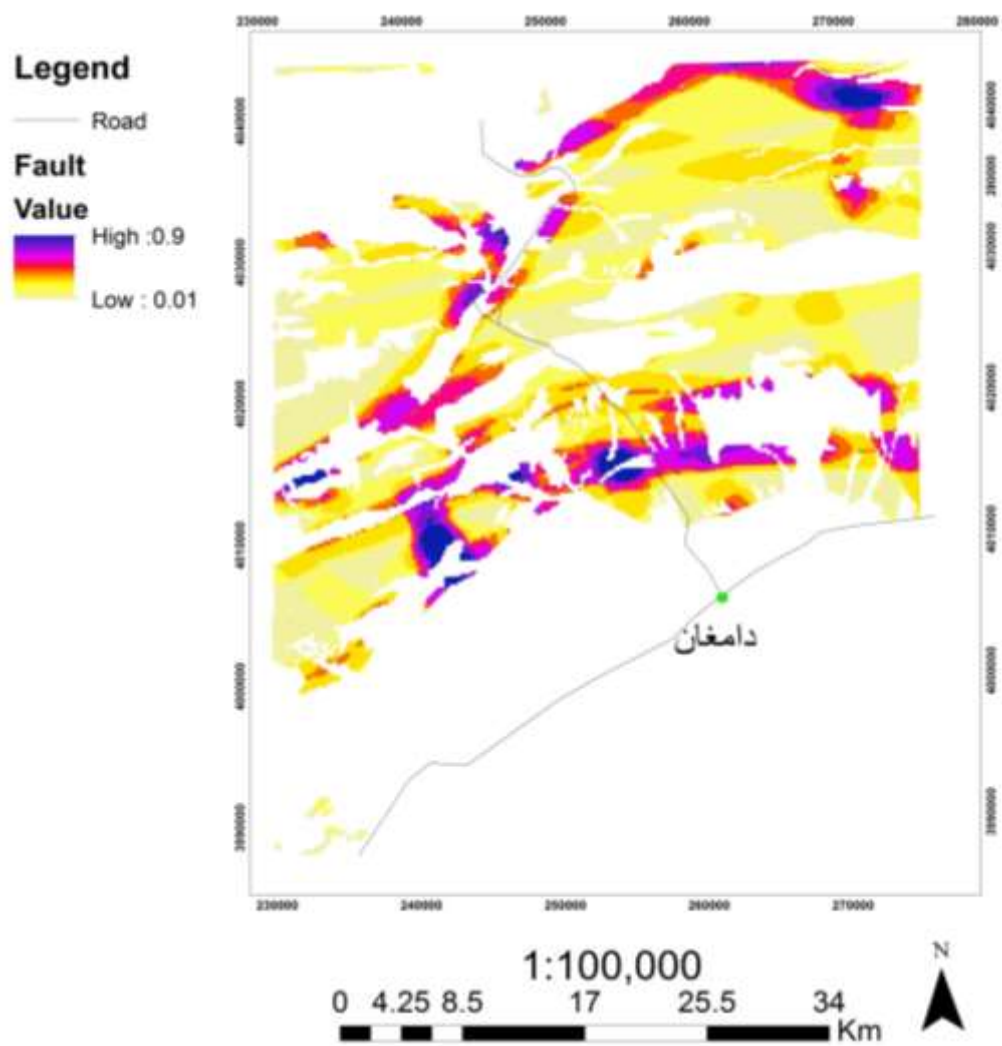
پس از جمع‌آوری اطلاعات برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ گرگان و دامغان که در فصل‌های قبل توضیح داده شده است انواع لایه‌ها و کلاسه‌ها با وزن آن‌ها ارائه شده که در جدول (۶-۱ تا ۶-۲) آورده شده است. برای گسل‌ها و خطواره‌ها، اطلاعات زمین‌شناسی و دورسنجی و مغناطیس‌هوایی که به صورت یک لایه کلی در نظر گرفته شده‌اند که به ۹ کلاسه تقسیم شده‌اند و با توجه به نسبت چگالی بیشتر وزن زیادتری به آنها اختصاص داده شده است و نسبت چگالی کم‌تر وزن کمتری به آن‌ها داده شده است (اشکال ۶-۱ تا ۶-۲). در قسمت زمین‌شناسی با توجه به ارزش و اثر هر کدام از واحدهای سنگ‌شناسی طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری شده واحدهایی که دارای توانایی ذخیره‌ویا به عنوان سنگ‌مادر پتانسیل - کانی‌زایی داشته بیشترین وزن را در گروه واحد سنگ‌شناسی به آنها اختصاص داده شده است (اشکال ۶-۳ تا ۶-۴). برای شیت دامغان و گرگان سازند مربوط به دوران کرتاسه و ژوراسیک و دونین وزن بیشتری را به خود اختصاص می‌دهد و همچنین به ترتیب از اهمیت کلاسه کاسته می‌شود. و در قسمت دورسنجی سازندهای کربناته و خطواره‌ها را جداسازی کرده و با توجه به دقت پایین داده‌های دورسنجی استفاده از نقشه زمین‌شناسی گرگان و دامغان برای جداسازی سازندهای کربناته مورد استفاده قرار گرفته است. برای لایه اطلاعاتی ژئوشیمیایی با توجه به این که آنومالی و حدآستانه و زمینه در فصل پنجم مشخص شده بیشترین وزن را آنومالی‌های منطقه و به همین ترتیب از اهمیت کلاسه‌ها کاسته می‌شود. لازم به ذکر است که داده‌های ژئوشیمیایی شیت‌های گرگان و دامغان در محیط GIS به روش فاصله وزنی معکوس (IDW) درونیابی شده و سپس با توجه به اطلاعات ژئوشیمیایی در فصل پنجم کلاسه‌بندی و وزن‌دهی شده‌اند (اشکال ۶-۵ تا ۶-۱۰).

جدول ۶-۱: لایه‌های اطلاعاتی و کلاسه‌بندی شده شیت گرگان

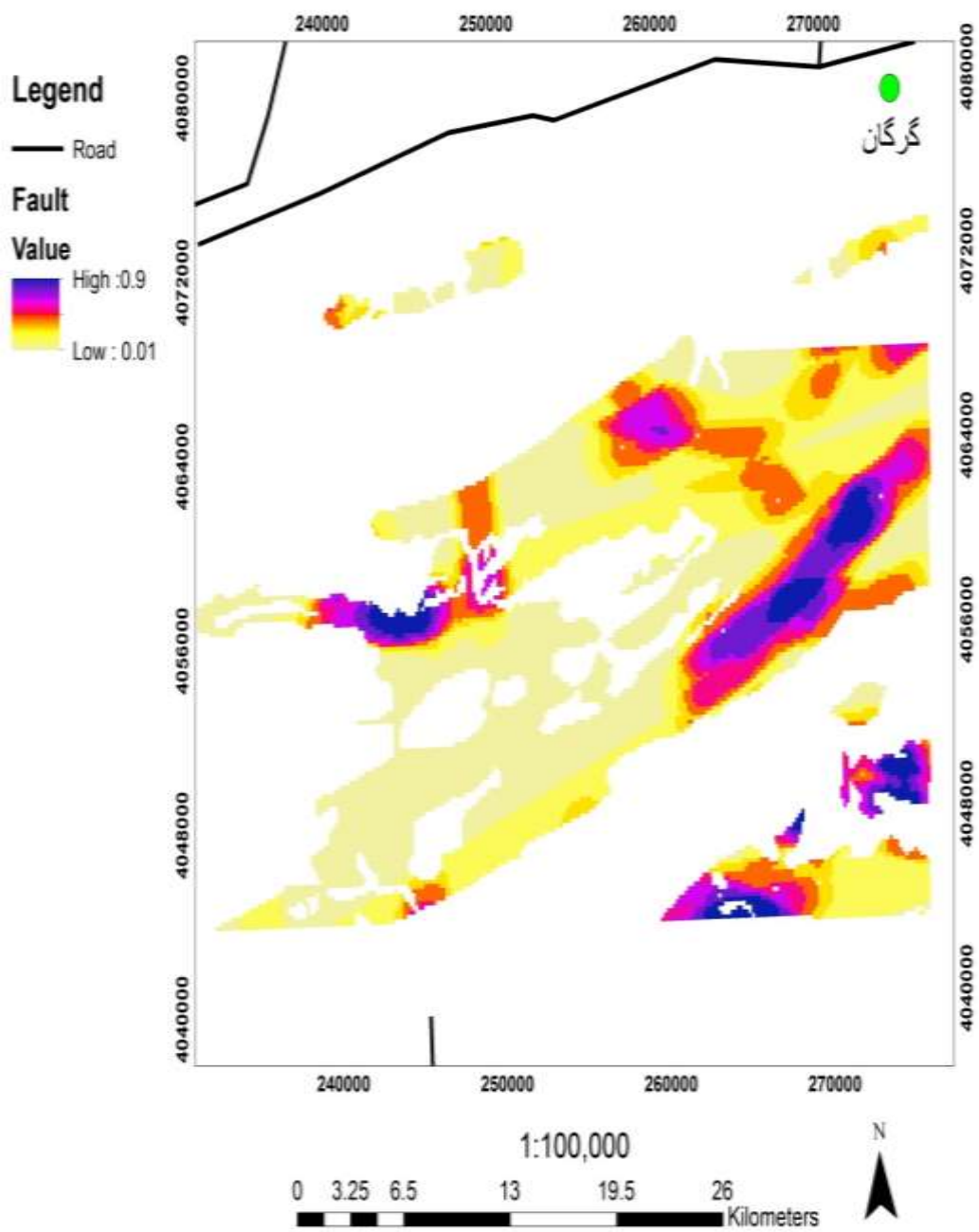
Raster	Field	Class	weight
دانسیتته گسل و خطواره ها	0-0.1715	1	0.1
	0.1715-0.4373	2	0.2
	0.4373-0.6517	3	0.3
	0.6517-0.8746	4	0.4
	0.8746-1.1148	5	0.5
	1.1148-1.3549	6	0.6
	1.3549-1.1.5950	7	0.7
	1.5950-1.8179	8	0.8
	1.8179-2.1867	9	0.9
زمین شناسی	Ku1	1	0.9
	Js3	2	0.8
	Js	3	0.7
	Il	4	0.4
	Ekt	5	0.3
	Dkh	6	0.2
عنصر روی (ppm)	27- 100	1	0.4
	101-210	2	0.6
	211-240	3	0.9
آنالیز فاکتوری سوم	2.911--0.551	1	0.3
	-0.551-0.651	2	0.5
	0.651-5.358	3	0.9

جدول ۶-۲: لایه‌های اطلاعاتی و کلاسه‌بندی شده شیت دامغان

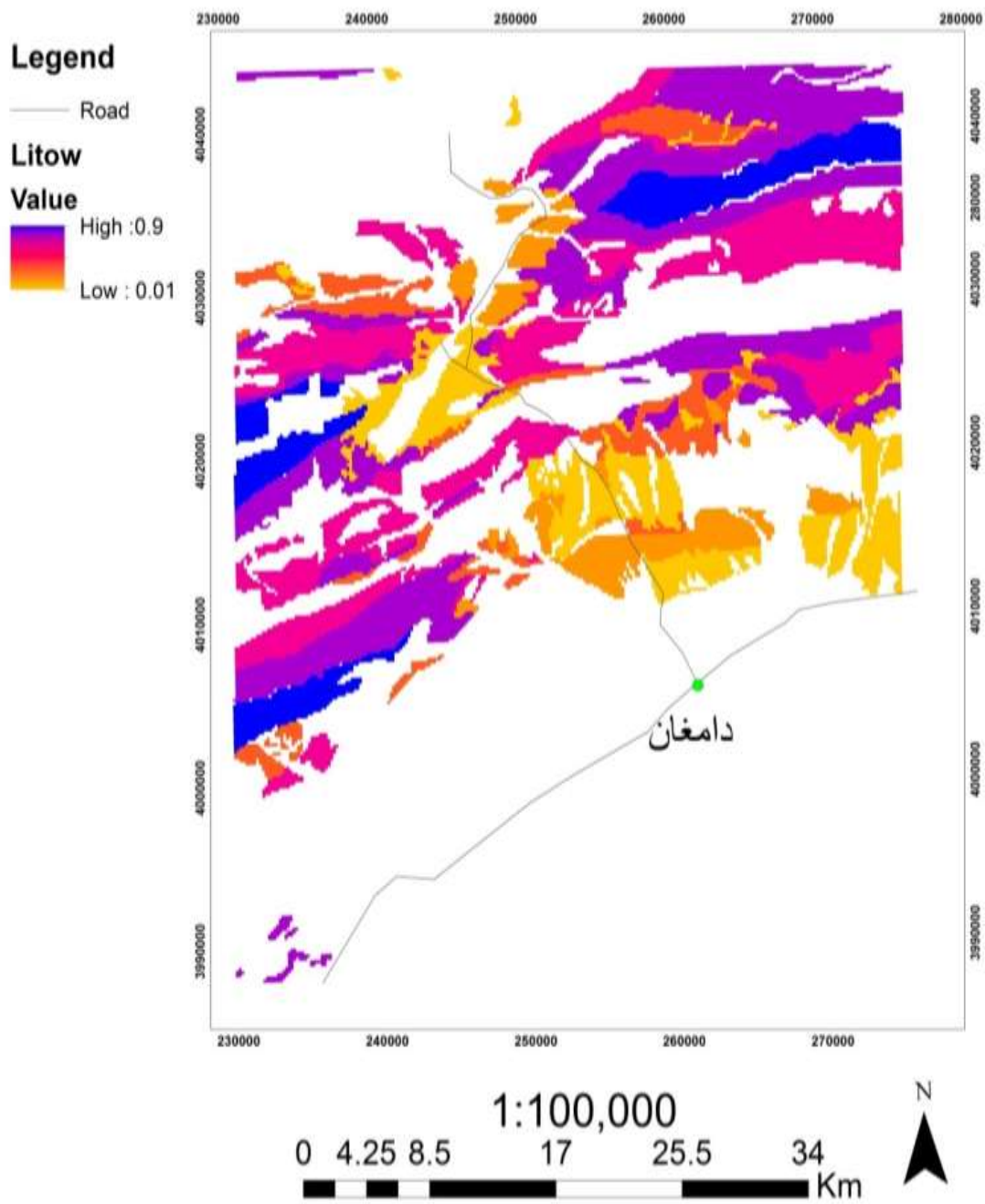
Raster	Field	Class	weight
دانسیته گسل و خطواره‌ها	0-0.1985	1	0.1
	0.1985-0.5229	2	0.2
	0.5229-0.8273	3	0.3
	0.8273-1.0811	4	0.4
	1.0811-1.3458	5	0.5
	1.3458-1.6327	6	0.6
	1.6327-1.9636	7	0.7
	1.9636-2.3497	8	0.8
	2.3497-2.8131	9	0.9
زمین‌شناسی	ku1	1	0.9
	Jl	2	0.8
	Js	3	0.7
	Ekt	4	0.4
	QPLC	5	0.3
	Qsc	6	0.2
عنصر سرب (ppm)	5- 40	1	0.3
	41-100	2	0.6
	101-132	3	0.9
عنصر آرسنیک (ppm)	1-10	1	0.3
	11-20	2	0.5
	21-36	3	0.9
عنصر روی (ppm)	35-70	1	0.4
	71-170	2	0.6
	171-300	3	0.7
	301-410	4	0.9
آنالیز فاکتوری دوم	-1.88--0.049	1	0.2
	-0.049-2.131	2	0.5
	2.131-7.718	3	0.9



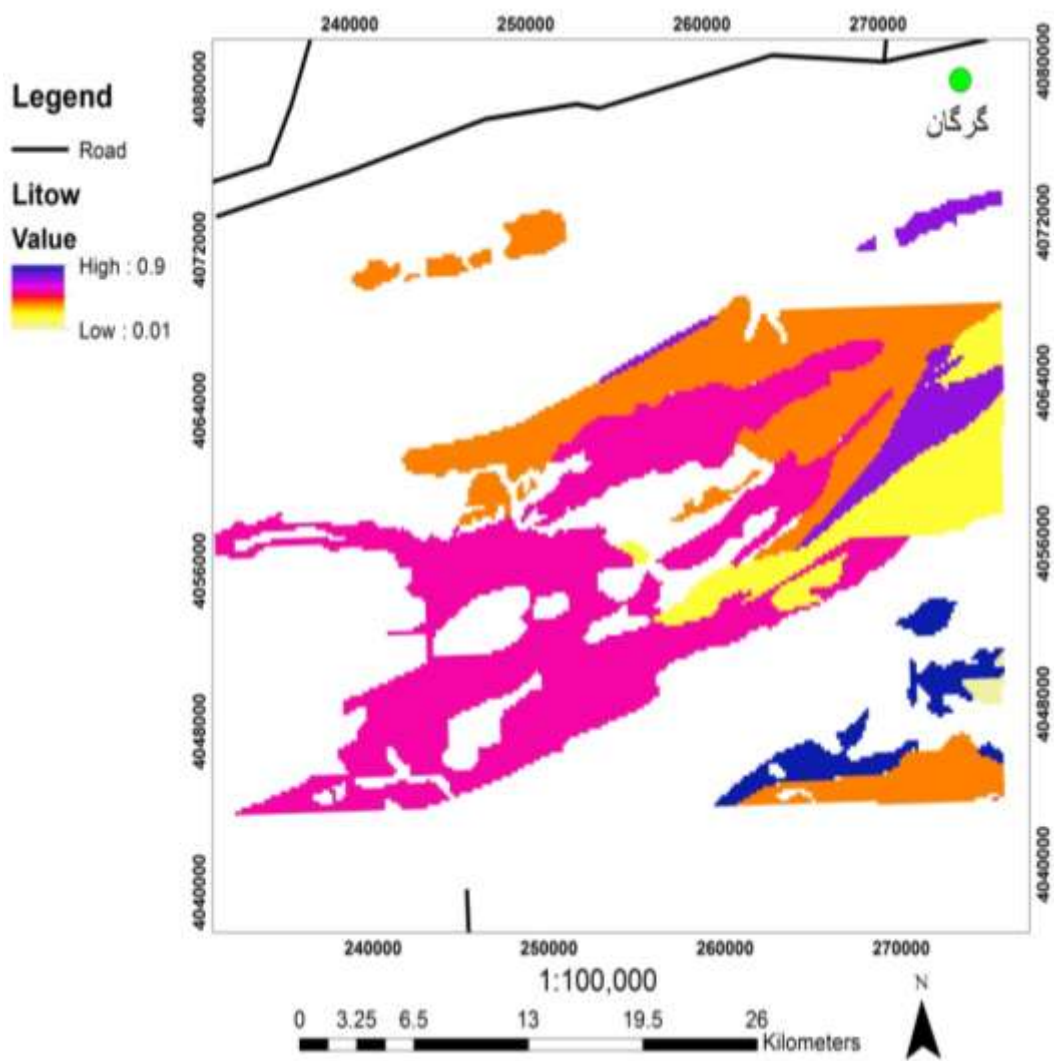
شکل ۶-۱ : لایه گسل وزن دار شده فازی شیت دامغان



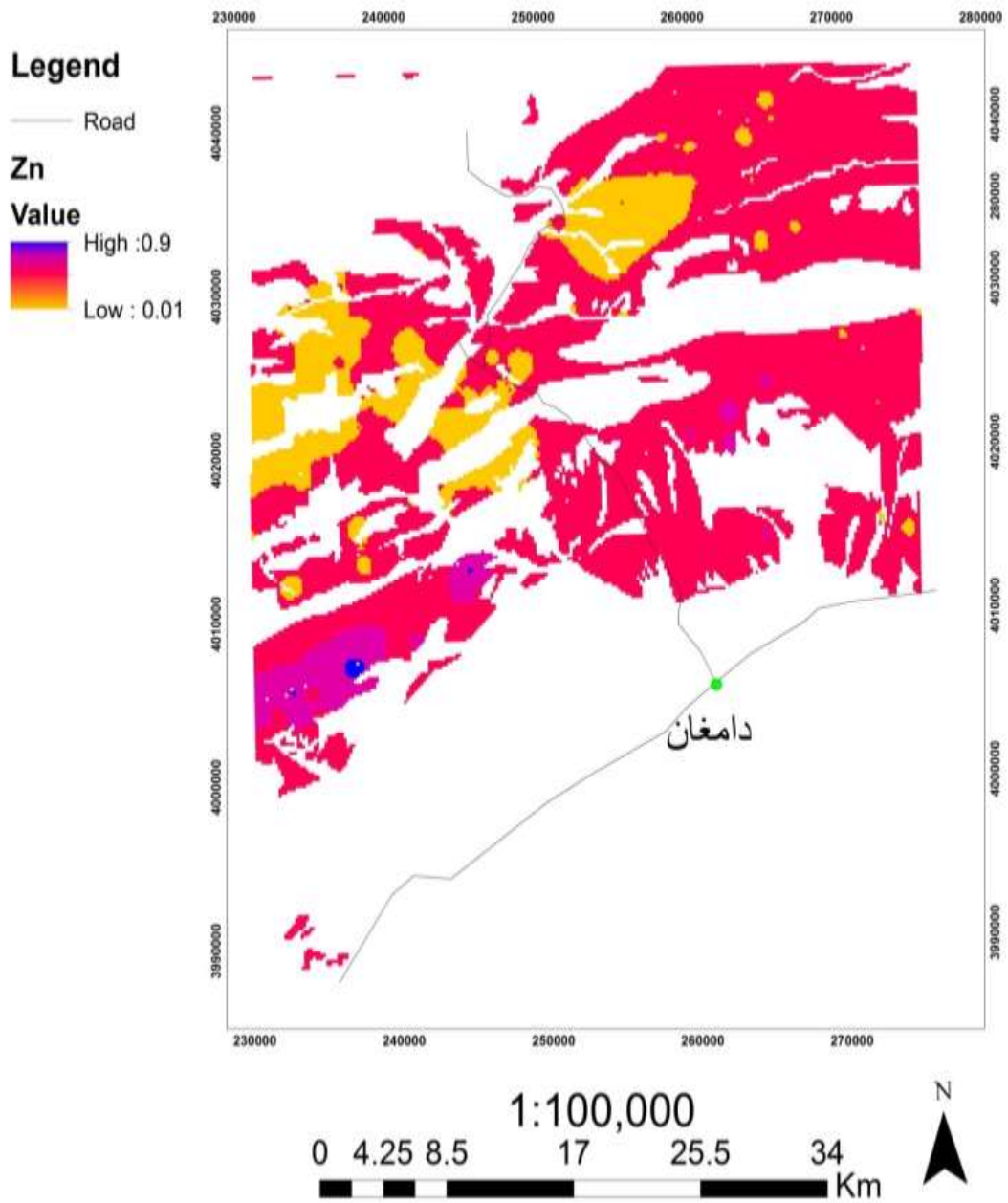
شکل ۶-۲: لایه گسل وزندار شده فازی شیت گرگان



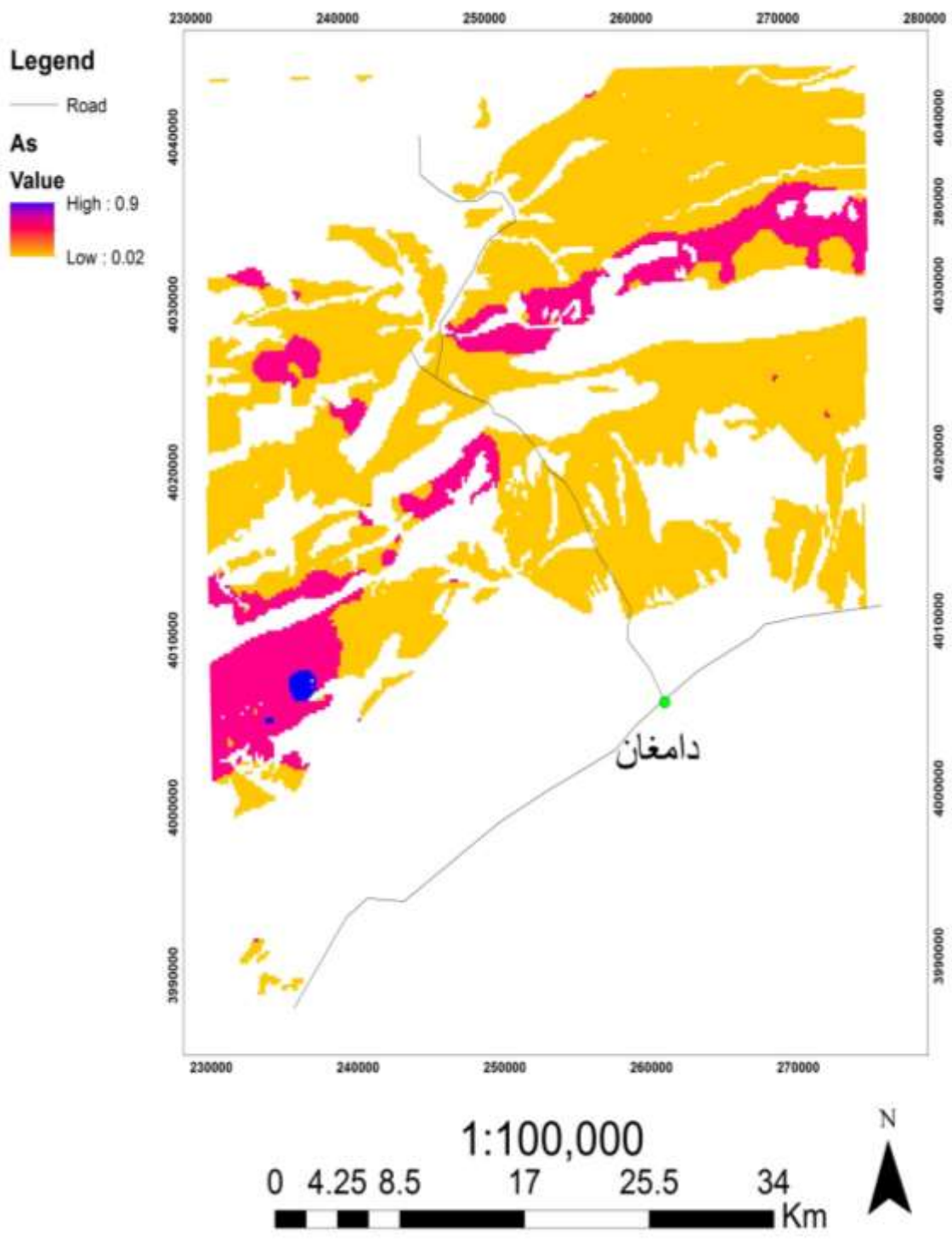
شکل ۶-۳: لایه زمین‌شناسی وزن‌دار شده فازی، شییت دامغان



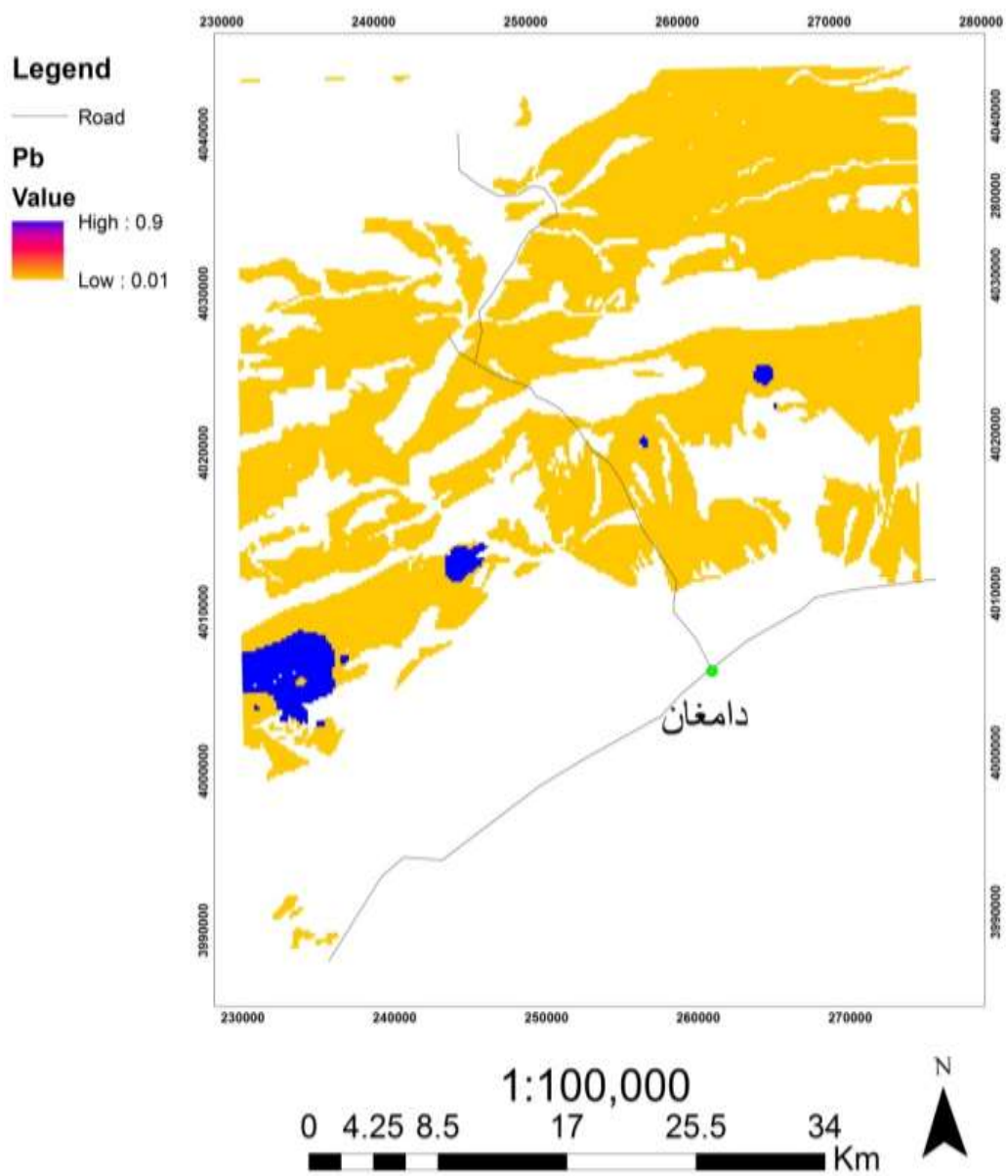
شکل ۶-۴: لایه زمین‌شناسی وزن‌دار شده فازی، شیت گرگان



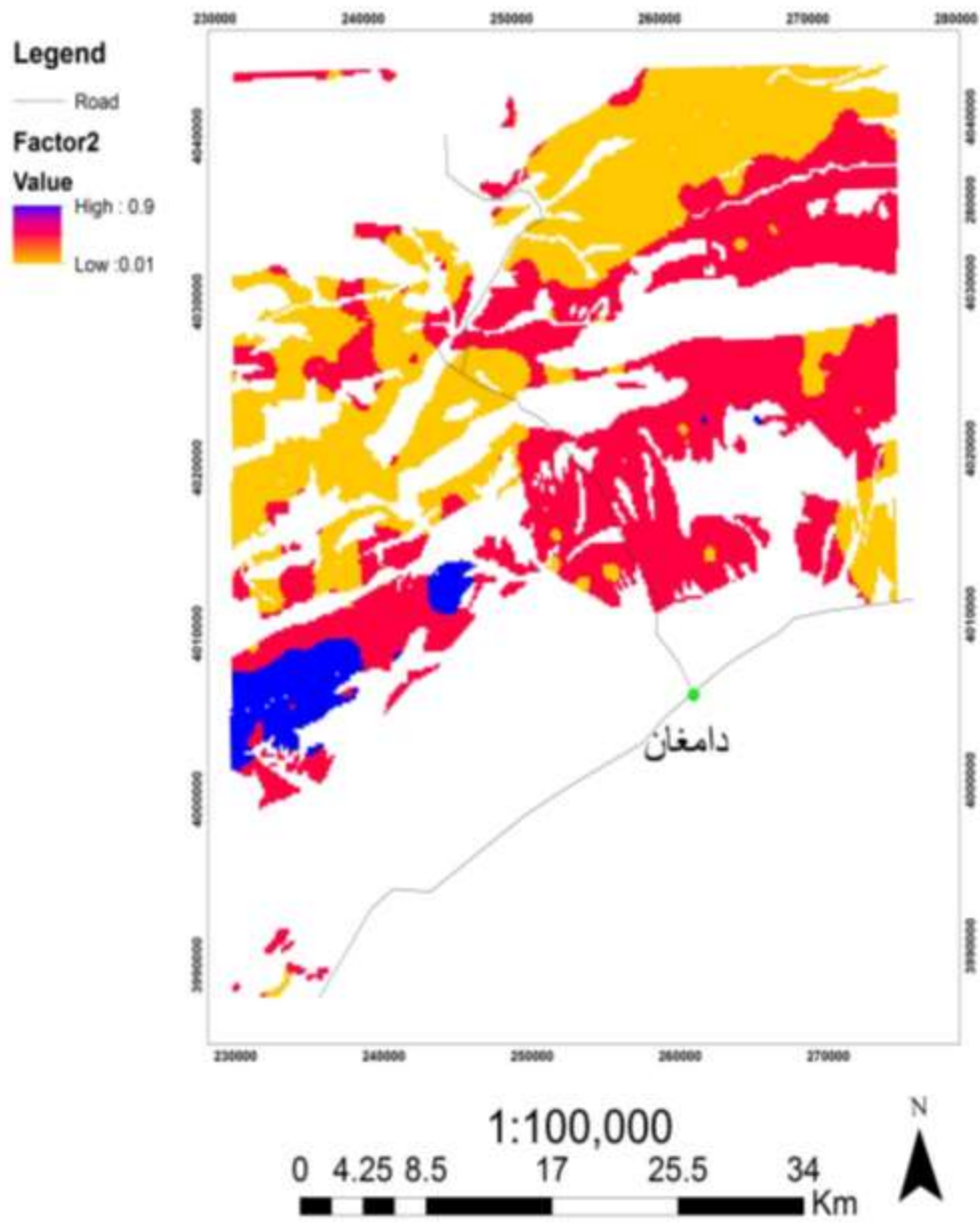
شکل ۶-۵: عنصر روی وزن دار شده فازی واقع درشیت دامغان



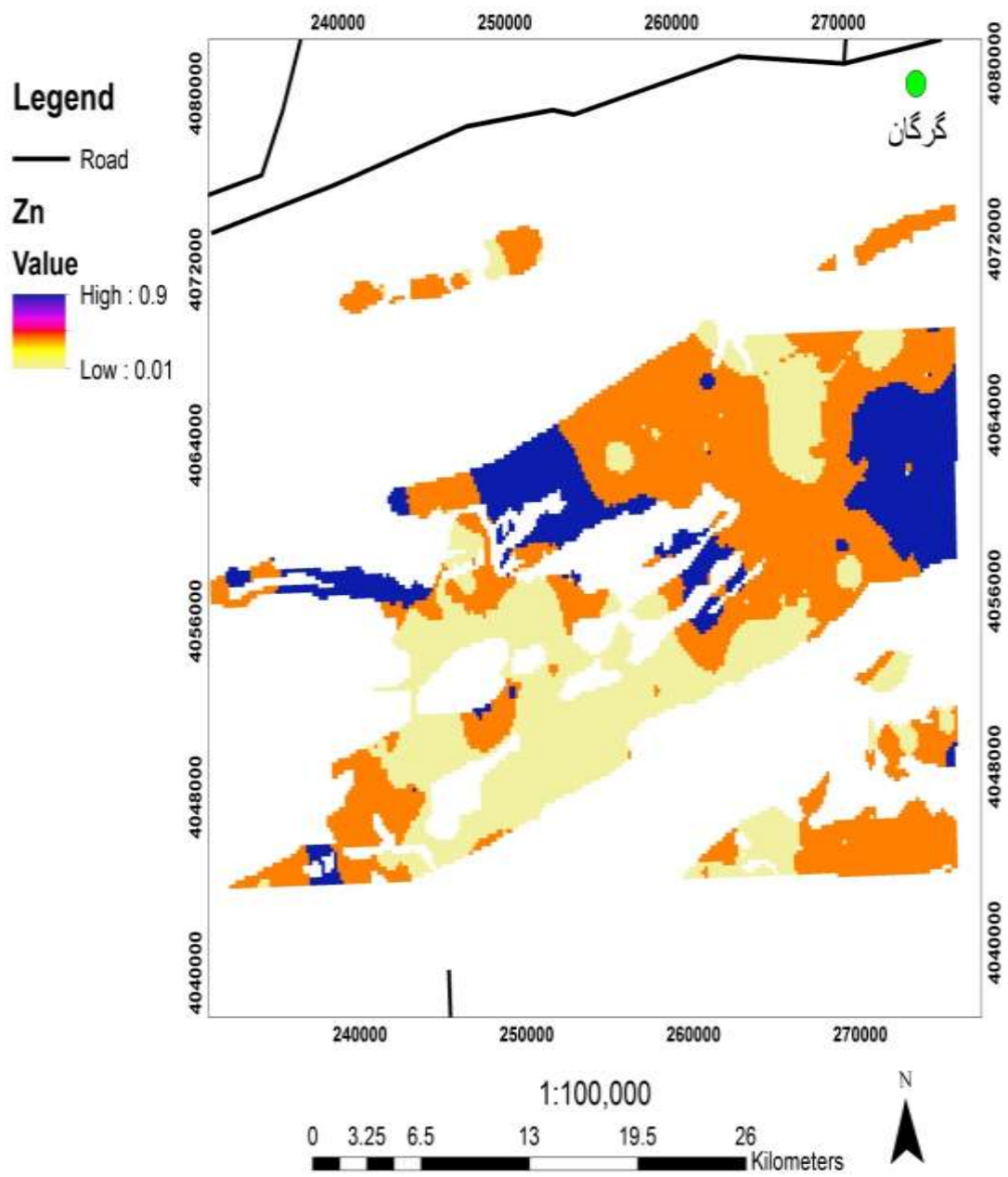
شکل ۶-۶: عنصر آرسنیک وزن دار شده فازی درشیت دامغان



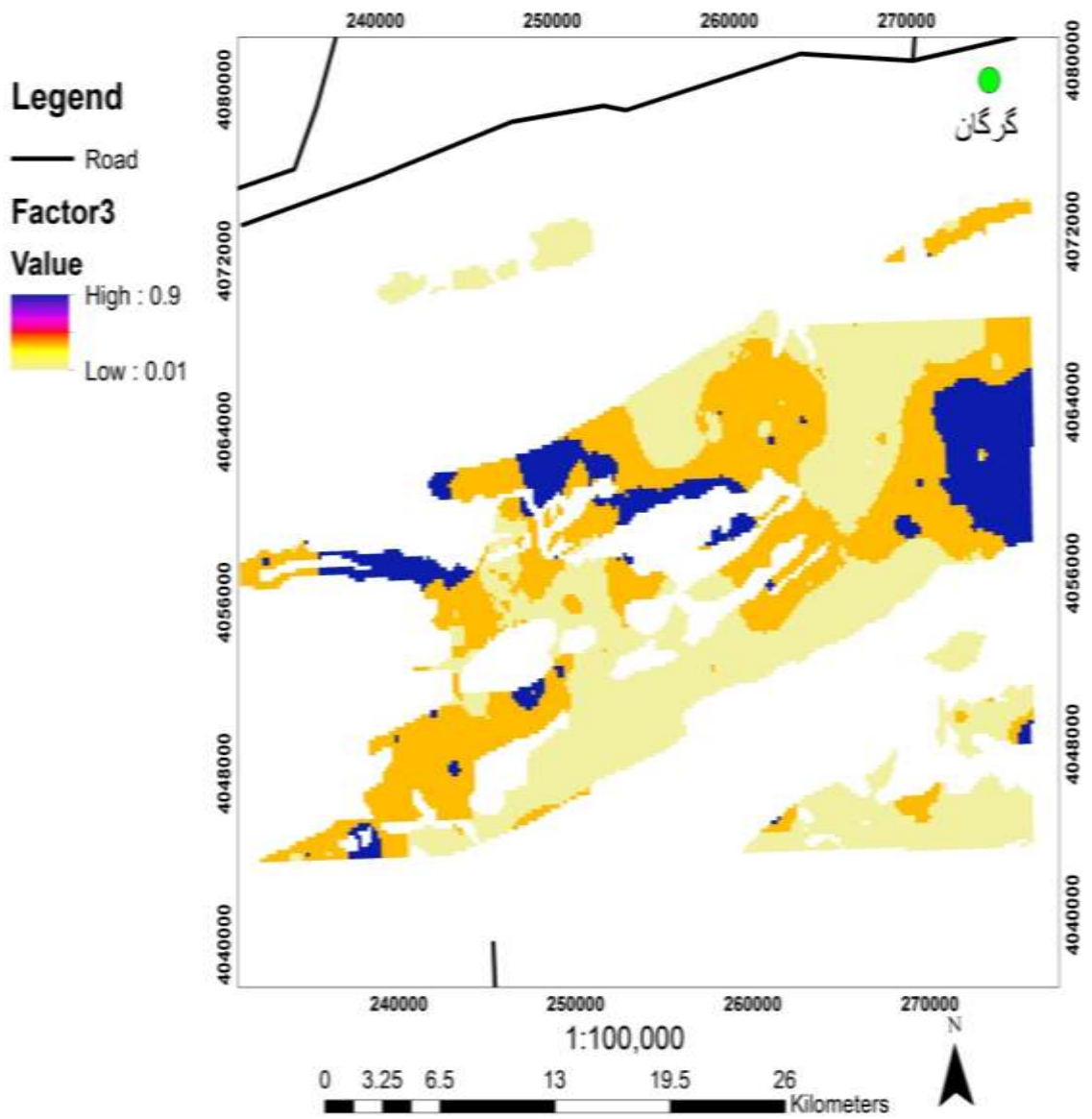
شکل ۶-۷: عنصر سرب وزن دار شده فازی واقع درشیت دماغان



شکل ۶-۸: آنالیز فاکتوری دوم وزن دار شده فازی واقع درشیت دماغان



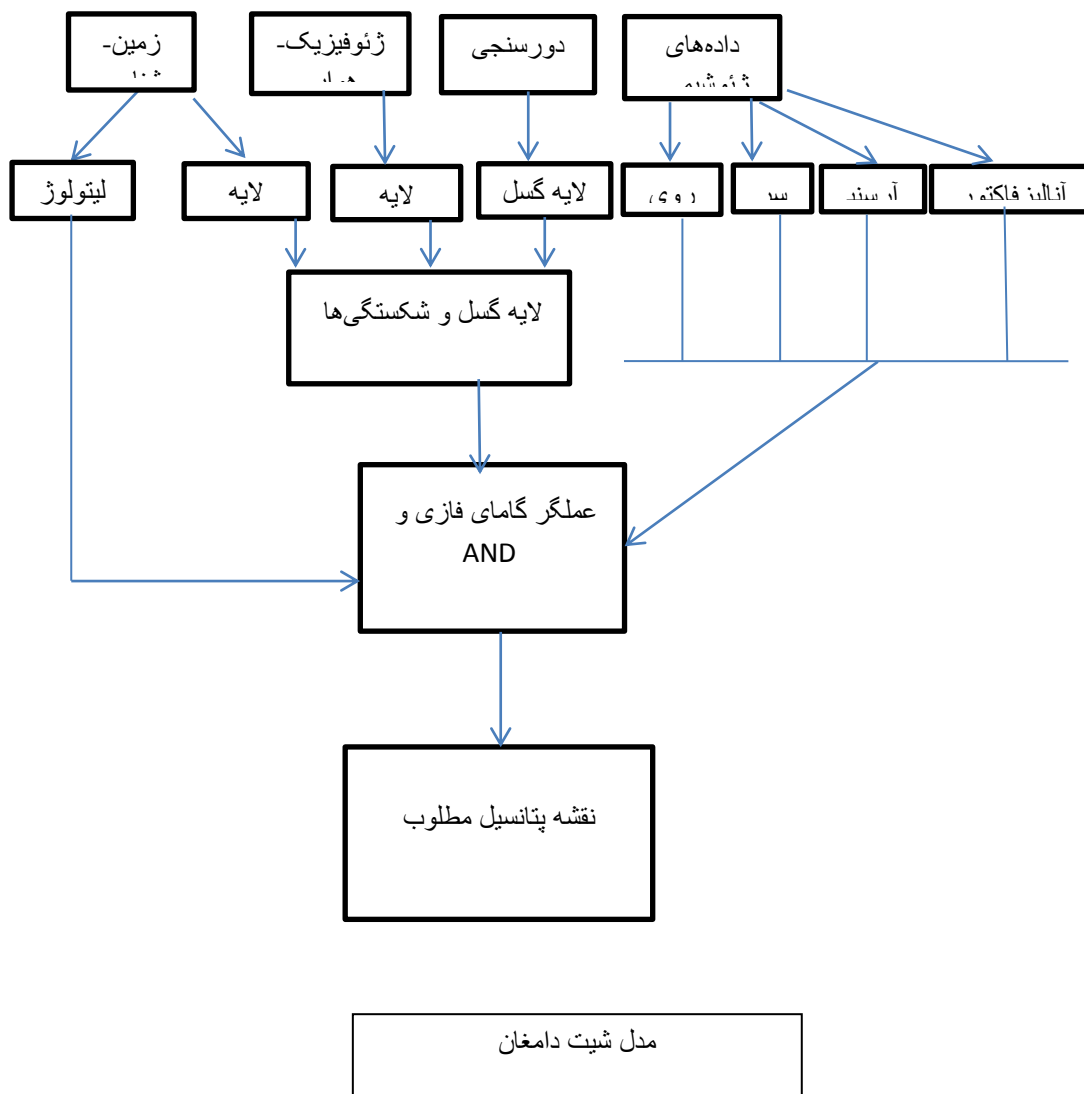
شکل ۶-۹: عنصرروی وزن دار شده فازی واقع درشیت گرگان

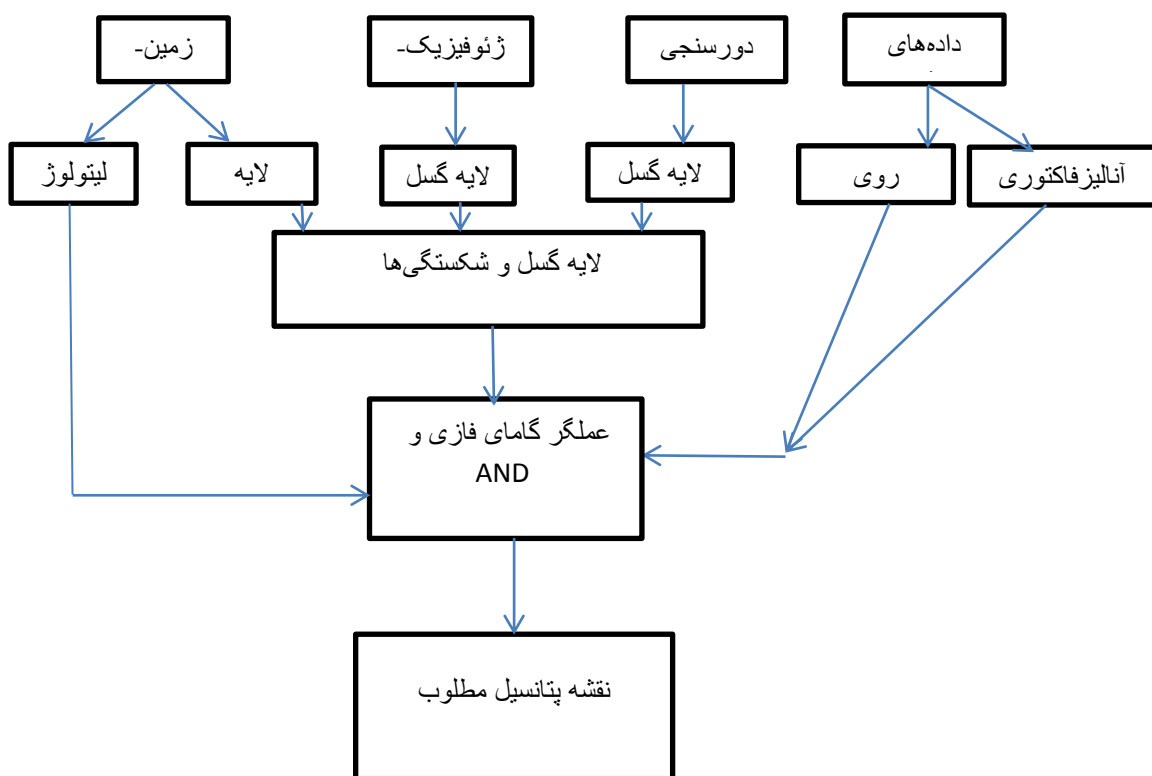


شکل ۶-۱۰: آنالیز فاکتوری سوم وزن دار شده فازی واقع درشیت گرگان

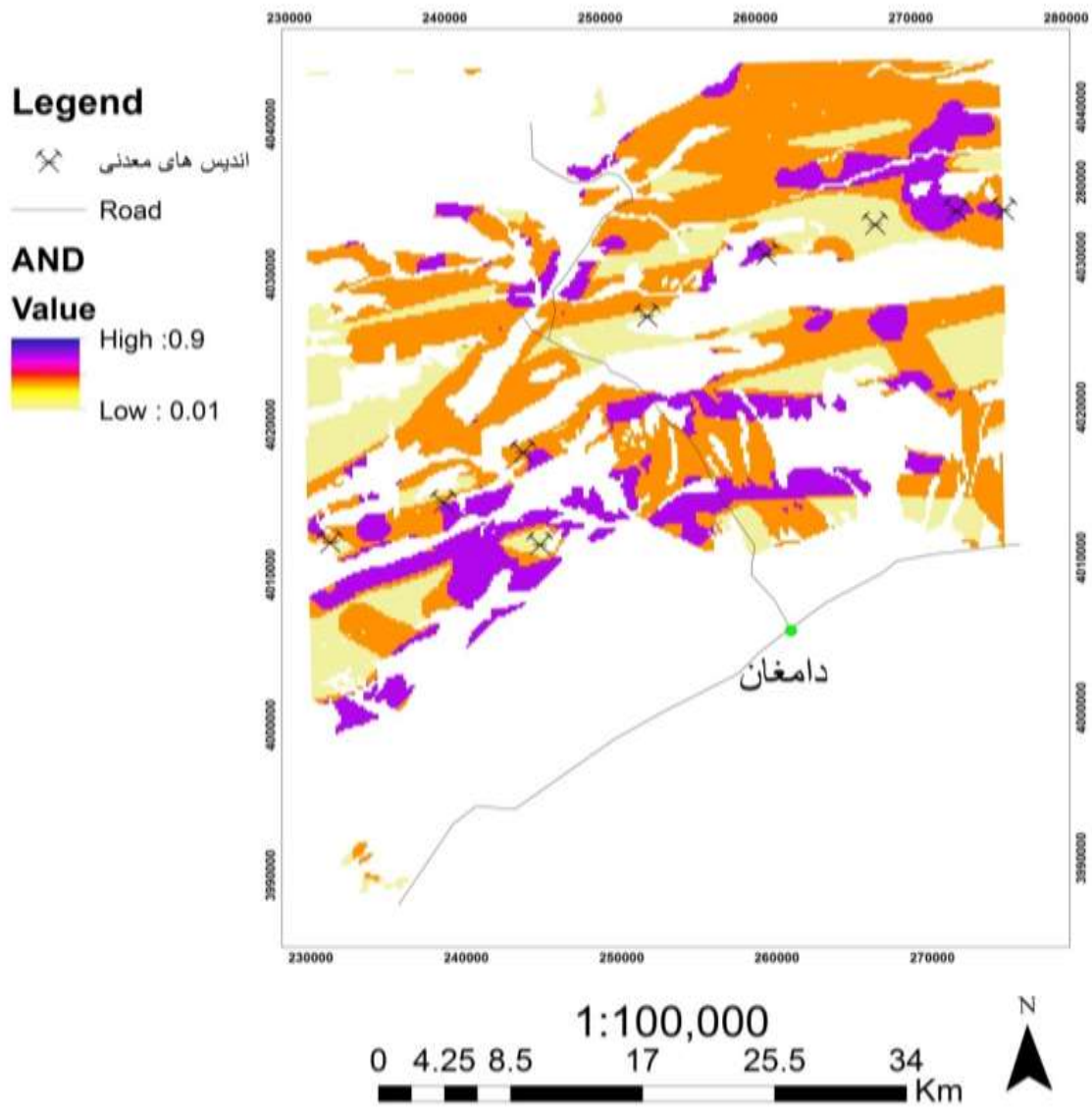
۶-۳- مدل منطق فازی

در روش فازی نقشه‌ها به صورت دوتایی و چندتایی باهم تلفیق می‌شوند. برای این منظور، ابتدا لایه‌های مختلف کنترل کننده کانی‌سازی شامل انواع لایه‌های مرتبط مثل ساختارهای کنترل کننده کانی‌سازی، ژئوشیمی، زمین‌شناسی، مغناطیسی‌هوایی تعیین می‌گردند برای این منظور باید درجه اهمیت فاکتورهای کنترل کننده کانی‌سازی تعیین گردد. لایه‌های اطلاعاتی با توجه به مطالعات انجام شده وزن‌دهی شده با توجه به جدول (۶-۱ تا ۶-۲). در این مطالعه لایه‌های اطلاعاتی، زمین‌شناسی، ژئوشیمی، گسل‌ها، برای شیت گرگان و دامغان با استفاده از عملگر AND و عملگر فازی گاما تلفیق شده و نقشه‌نهایی بدست آمده است. مقدار گامای ۰/۹ بهترین هم‌پوشانی را نسبت به اندیس‌های معدنی سرب و روی منطقه داشته که برای هر دو شیت استفاده شده است (۶-۱۱ تا ۶-۱۴). الگوریتم تلفیق فاکتورهای کنترل کننده کانی‌سازی به همراه مناطق امیدبخش به دست آمده و تلفیق به صورت مدل‌های زیر هم برای شیت گرگان و هم برای شیت دامغان ارائه شده است.

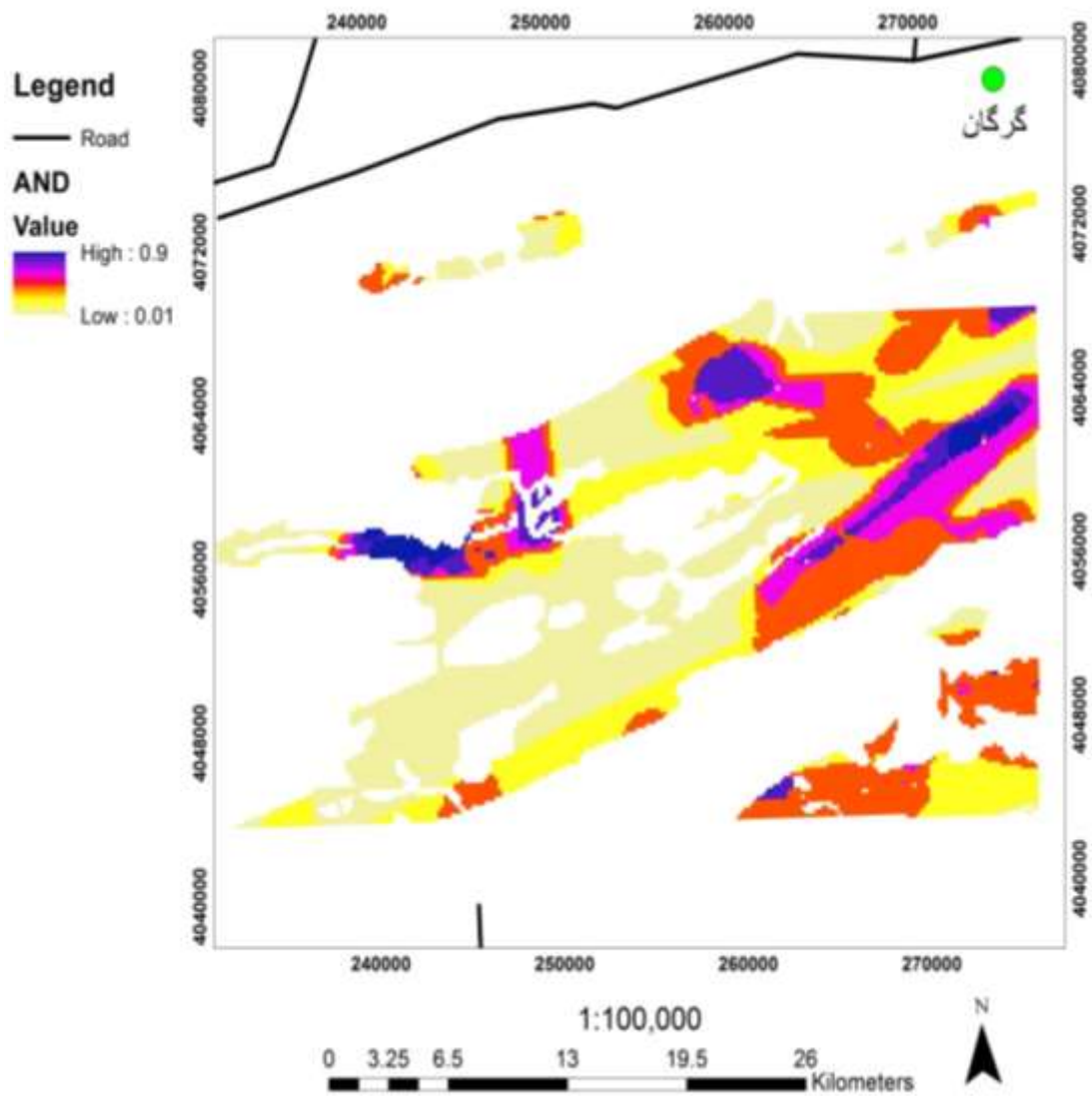




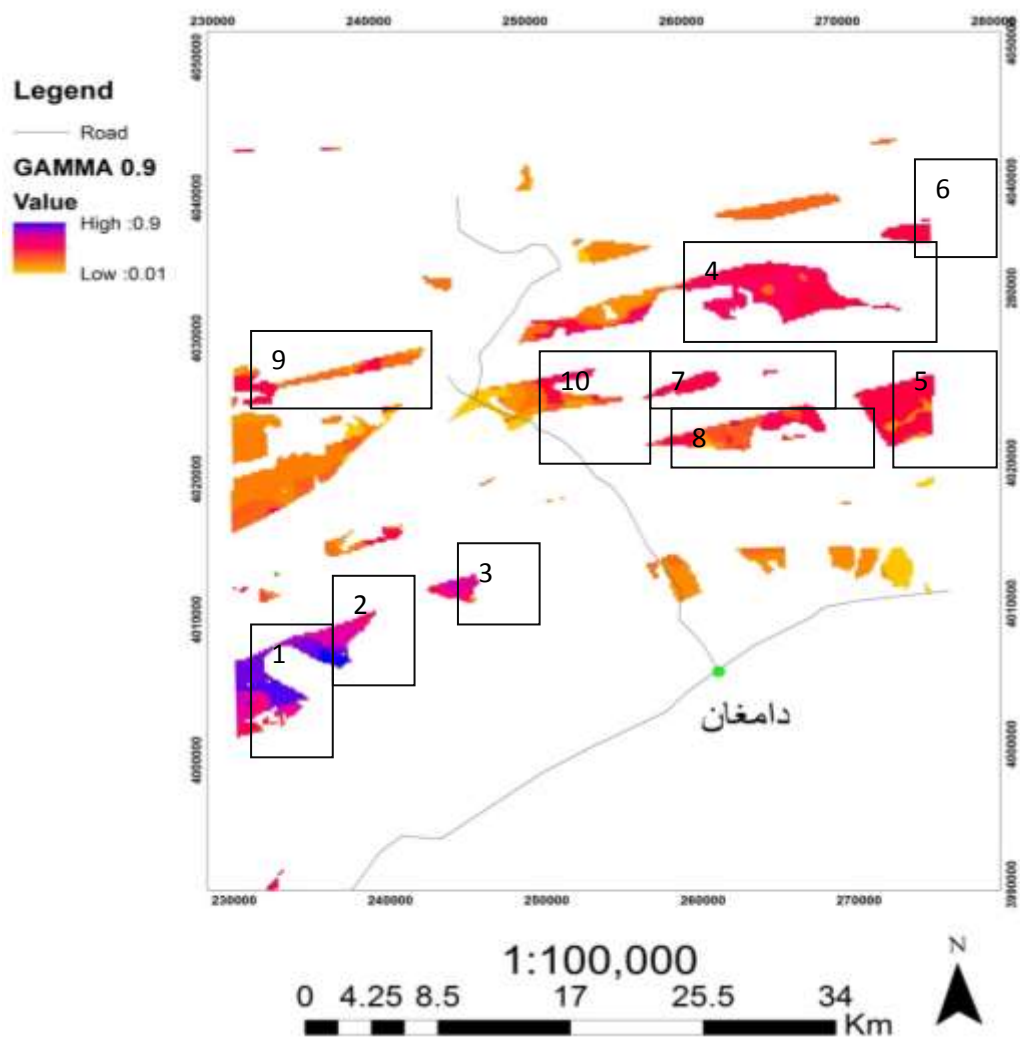
مدل گرگان



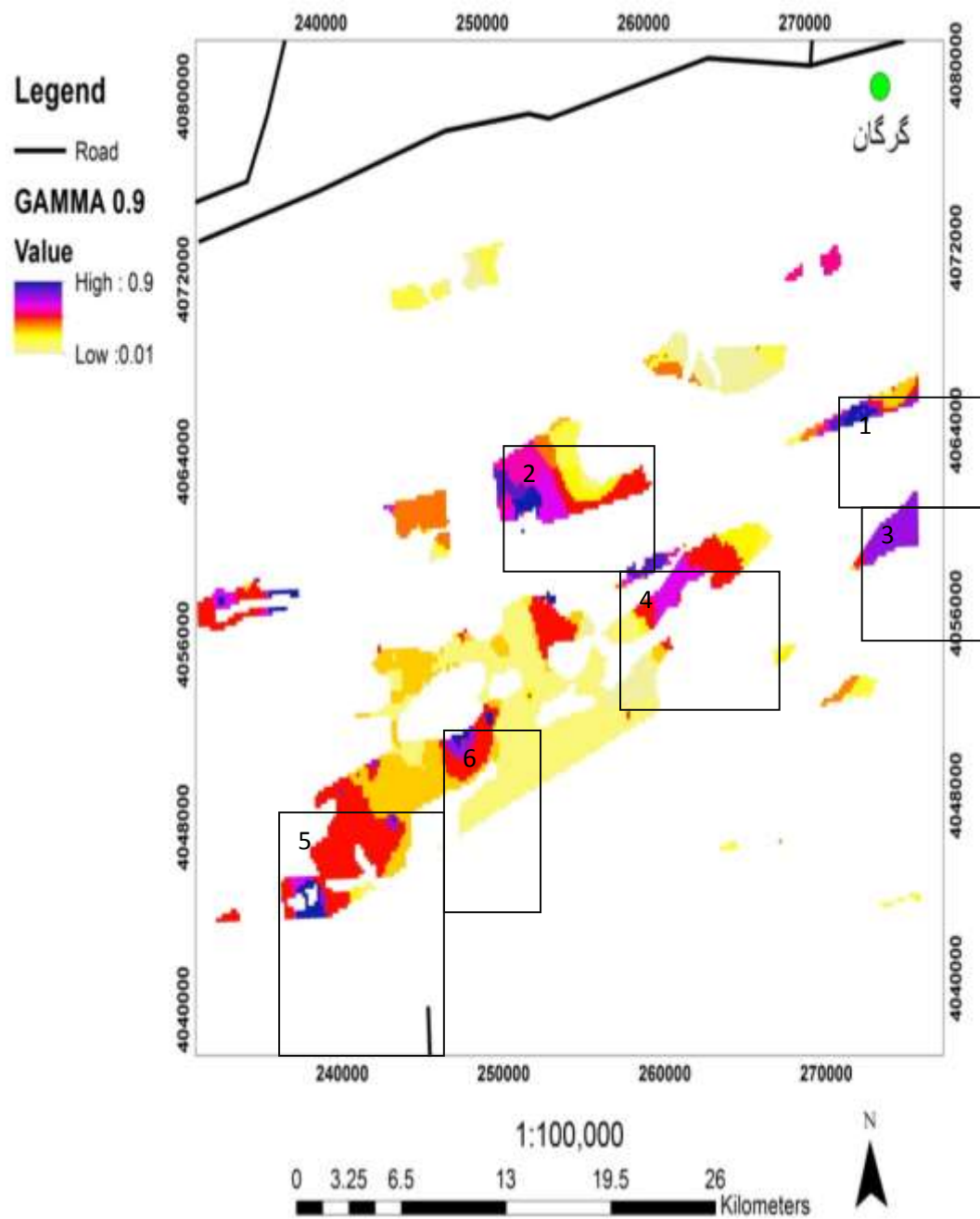
شکل ۶-۱۱: نقشه پتانسیل مطلوب سرب و روی شیت دامغان، به روش منطق فازی با استفاده از عملگر AND



شکل ۶-۱۲: نقشه پتانسیل مطلوب سرب و روی شیت گرگان، به روش منطق‌فازی با استفاده از عملگر AND



شکل ۶-۱۳: نقشه پتانسیل مطلوب سرب و روی شیت دامغان، به روش منطق فازی با استفاده از عملگرگامای ۰/۹



شکل ۶-۱۴: نقشه پتانسیل مطلوب سرب و روی شیت گرگان، به روش منطق‌فازی با استفاده از عملگرگامای ۰/۹

۴-۶- صحت سنجی مناطق دارای پتانسیل

به منظور بررسی درستی و اعتبار سنجی نقشه‌های تولید شده یکی از مناطق دارای پتانسیل که همان محدوده سوم در برگه دامغان می‌باشد و با توجه به این که به شاهرود نزدیکتر بوده مد نظر قرار گرفته و مورد بازدید صحرایی قرار گرفت (اشکال ۶-۱۵ تا ۶-۱۶). در این منطقه معدن قدیمی سرب و روی آهوانو قرار داشته که یکی از معادن قدیمی برگه زمین‌شناسی دامغان آهوانو می‌باشد. این ناحیه در باختر روستای آهوانو و در میان واحدهای سنگی توف، شیل توفی و جریان‌های گدازه‌ای (ائوسن) و سنگ آهک توفی ضخیم لایه و (ژوراسیک) واقع گشته است. کانسار سرب و روی آهوانو در جنوب باختر روستای آهوانو در مختصات جغرافیایی 12° و 13° و 36° و 56° و 10° واقع شده است. از نظر زمین‌شناسی لیتولوژی و ساختاری، محدوده معدنی در نزدیکی یک ناودیس واقع گشته است. هسته این ناودیس‌ها را ضخیم لایه تا توده‌ای خاکستری رنگ متعلق به سازند لار به سن ژوراسیک بالایی تشکیل می‌دهد. آهک‌های ورق‌های نازک لایه و آهک‌های مارنی مربوط به تشکیلات دلیچای یال این سیستم چین خوردگی را تشکیل می‌دهند. در شمال معدن، برونزدهایی مربوط به سازند کرج به سن ائوسن واقع شده است. که متشکل از سنگ‌های ولکانیکی شامل توف، توف‌شیلی و گدازه‌های نیمه اسیدی می‌باشد. سنگ درونگیر کانسار آهوانو را آهک‌های کرم‌رنگ با لایه‌بندی خوب مربوط به سازند دلیچای تشکیل می‌دهد. کانی‌سازی به مقادیر محدود در سازند لار نیز صورت گرفته است. کانی‌سازی در این کانسار در سیستم شکستگی‌های خاوری - باختری تا شمال خاوری - جنوب باختری می‌باشد. کانی‌سازی عمدتاً به صورت برشی، استوک‌ورک و رگه و رگچه‌ای درون درزو شکاف-های سنگ میزبان می‌باشد. کانی‌سازی اصلی سرب و روی در این کانسار از نوع سولفیدی و کربناته همراه با مقادیری پیریت، کالکوپیریت، اکسید آهن، کلست است. پاراژنز کانی‌شناسی شامل گالن، پیریت، کالکوپیریت، مارکاسیت، بورنیت و کانی‌های ثانویه سروزیت، اسمیت زونیت، و اکسید آهن به نظر می‌رسد که کانی‌سازی در این کانسار حاصل فعالیت سیالات گرمابی در داخل شکستگی‌های منطقه می‌باشد (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور). راه ارتباطی معدن در شکل (۶-۱۷) و

همچنین مقطع صیقلی گرفته شده از منطقه برای کانی گالن به شکل خطوط مثلثی شکل و اسفالوریت به رنگ خاکستری (شکل ۶-۱۸) و کالکوپیریت در مقطع صیقلی، به رنگ زرد برنجی است (شکل ۶-۱۹).



۶-۱۵: معدن سرب و روی آهوانو



۱۶-۶: رگه سرب و روی معدن آهوانو



شکل ۱۷-۶: راه ارتباطی سرب و روی منطقه آهوانو

فصل هفتم

نتیجه گیری و پیشنهاد

۷-۱- نتیجه‌گیری

با تلفیق داده‌های اکتشافی با استفاده از روش منطق‌فازی در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ گرگان و دامغان، مناطق با پتانسیل بالا و مطلوب برای کانی‌سازی سرب و روی بارزسازی شد. بدیهی است که تمرکز فعالیت‌های اکتشافی بعدی بایستی منطبق بر این مناطق در نظر گرفته شود که این موضوع از صرف هزینه و انرژی در مناطقی که دارای پتانسیل کانی‌سازی نیستند، جلوگیری می‌کند. نتایجی که از تهیه نقشه‌های ژئوشیمیایی و مدل‌سازی این نقشه‌ها به‌منظور تهیه نقشه پتانسیل مطلوب در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ گرگان و دامغان به دست آمد به طور مختصر در زیر آمده است.

در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ گرگان و دامغان یکی از مناطق بااهمیت از نظر کانی‌سازی سرب و روی، است که در قسمت البرز شرقی است. این مطالعه جهت ارزیابی استعدادهای کانی‌سازی و یافتن محدوده‌های مستعد و دارای پتانسیل بالا استفاده شده است. لایه‌های اطلاعاتی که در این مطالعه استفاده شده است، شامل داده‌های اکتشافی، زمین‌شناسی، دورسنجی، ژئوفیزیک هوایی و ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای است. پس از پردازش و آماده‌سازی لایه‌های اکتشافی موجود در منطقه و انجام محاسبات مختلف مربوط به روش منطق‌فازی و تعیین شاخص‌های بااهمیت از نظر اکتشافی، تلفیق این نتایج در محیط GIS صورت گرفته و نقشه پتانسیل مطلوب برای این منطقه مشخص شده و یک مدل برای آنومالی‌های سرب و روی معرفی گردیده است. روش تلفیق فازی به دلیل دارا بودن قالب تئوری قوی و انعطاف پذیری بالا از جمله روش‌های تلفیقی است که قابلیت بالایی جهت تلفیق نقشه‌های پیچیده چند کلاسه دارد. در این روش دانش کارشناسی بسیار اهمیت دارد؛ چراکه وزن‌دهی لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از نظر کارشناسی تعیین اعمال می‌گردد. نتایج حاصل از این روش انطباق خوبی با نتایج به دست آمده از روش‌های مختلف اکتشافی توسط سازمان زمین‌شناسی و اندیس‌های معدنی سرب و روی داشته که نشان دهنده اهمیت و کارایی این روش بوده است.

در نقشه پتانسیل مطلوب سرب و روی شیت دامغان، مناطق پرپتانسیل در محدوده‌های ۱ و ۲ و ۳ با مساحت ۲۹ کیلومترمربع که حدود ۱۵ درصد از کل منطقه مورد مطالعه معرفی شدند که اولویت اول اکتشافی هستند. و محدوده‌های ۴ و ۵ و ۶ و ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰، اولویت‌های بعدی اکتشافی هستند.

در نقشه پتانسیل مطلوب سرب و روی شیت گرگان، مناطق پرپتانسیل در محدوده‌های ۱ و ۲ با مساحت ۹ کیلومترمربع که حدود ۱۰ درصد از کل منطقه مورد مطالعه معرفی شدند که اولویت اول اکتشافی هستند. و محدوده‌های ۳ و ۴ و ۵ و ۶، اولویت‌های بعدی اکتشافی هستند.

(لازم به ذکر است که نقشه پتانسیل مطلوب سرب و روی برای اولین بار در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ گرگان انجام شده است. در قسمت شرق شیت گرگان مناطق مستعد مشاهده شده است و با توجه به این که از شرق به معدن تاش و مجن و همچنین ادامه سازندهایی که در آن پتانسیل ذخیره‌سازی سرب و روی تاش و مجن وجود دارد در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ گرگان مشاهده می‌شود لذا می‌توان گفت مناطق پتانسیل مطلوبی که برای شیت گرگان بدست آمده محتمل است).

۷-۲- پیشنهادات

مطالعات ژئوشیمیایی به صورت نمونه برداری سنگی با شبکه نمونه برداری مترکمتر و همچنین نمونه برداری از کانی سنگین در مناطق آنومال مذکور انجام گیرد.

پیشنهاد می شود بررسی ژئوفیزیکی آتی در مناطق مستعد به شکل پلاریزاسون القایی طیفی نیز انجام شود، چرا که احتمال حضور کانی های سولفیدی نظیر پیریت شیل و رس در این منطقه زیاد است و تنها روش مذکور قادر به تفکیک قابل ملاحظه منابع فلزی از غیر آن است.

جهت بالا بردن سطح عملیات اکتشافی از روش پلاریزاسون القایی و مقاومت ویژه الکتریکی در مناطق امیدبخش استفاده شود.

منابع فارسی:

- امیری رودبار ا، (۱۳۹۲)، پایان نامه کارشناسی ارشد "تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر کرومیت، در ورقه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی میناب در سامانه اطلاعات جغرافیایی"، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، ص ۸۴-۱۱۰.

- بیاری ه، (۱۳۹۰)، "گزارش پایانی مرحله دوم عملیات اکتشاف معدن سرب وروی پیچمتو" شرکت صنعتی و معدنی تاش و مجن شاهرود

- پشنگ ع، (۱۳۹۱)، پایان نامه کارشناسی ارشد "تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر کرومیت در شمال تربت حیدریه"، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، ص ۵۷-۹۳.

- حسنی پاک، ع.ا، (۱۳۷۷)، زمین آمار، انتشارات دانشگاه تهران

- حسنی پاک، ع.ا، شرف‌الدین، (۱۳۸۰)، "تحلیل داده‌های اکتشافی". انتشارات دانشگاه تهران، ص ۹۱.

- حسنی پاک، ع.ا، شرف‌الدین، (۱۳۸۰)، "تحلیل داده‌های اکتشافی". انتشارات دانشگاه تهران، ص ۸۸.

- حسنی پاک، ع.ا، شرف‌الدین، (۱۳۸۰)، "تحلیل داده‌های اکتشافی". انتشارات دانشگاه تهران، ص ۵۱-۳۱.

- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور "گزارش زمین‌شناسی کانسارهای سرب و روی ناحیه غرب و شمال غرب دامغان".

- سلطانی، م، 1388، تحلیل ساختاری گسل تبریز با استفاده از داده‌های دورسنجی، نشریه علوم زمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران - شمال.

- صادقیان، س.، آخوندزاده، م.، ۱۳۸۳- طیف الکترومغناطیس و کاربرد آن در سنجش از دور، کارگاه آموزشی کاربرد RS و GIS در آبیاری و زهکشی ۱۲ آذرماه، صفحه ۴۵-۵۴.
- عسکری، م.، ۱۳۸۳، کاربرد منطق فازی در اکتشاف کانسارهای سرب و روی کربناته با استفاده از پردازش داده‌های رقومی ماهواره ای در استان اصفهان ۱۲ و ۱۴ بهمن
- فاطمی نصرآبادی، س.، ب.، ۱۳۸۵- آموزش نرم افزار Envi، چاپ ششم، انتشارات سازمان نقشه برداری کشور، ۱۵۰ صفحه.
- فاطمی، س.، رضایی، ی.، ۱۳۸۹- مبانی سنجش از دور، انتشارات آزاده، چاپ ششم، ۲۴۶ صفحه.
- فردوست ف.، (۱۳۸۷)، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی؛ " مطالعه کانی شناسی و ژنز کانسار سرب و روی بر فکه (مجن)"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- فریدونی سروسنایی، ج.، ۱۳۸۹، بررسی اعمال پردازشهای مختلف روی تصاویر ۵ سنجنده مهم جهت شناسائی واحدهای ساختاری و زمین شناسی و مقایسه نتایج آنها اردیبهشت ۱۳۸۹
- فلاح پیشه س.، (۱۳۸۷)، پایان نامه کارشناسی ارشد، " مدل سازی عددی داده های تیپر روش VLF، جهت شناسایی زون های آلوده ناشی از معدنکاری (مطالعه موردی معدن سرب و روی تاش)"، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- قائدرحمتی، ر.، ۱۳۸۳، آشکارسازی دولومیت های ماسه های آهن دار مرتبط با کانی سازی سرب و روی به روش تحلیل مؤلفه های اصلی داده های ماهواره ای ۱۲ و ۱۴ بهمن
- قربانی م.، تاجبخش پ.، خوئی ن.، (۱۳۷۹)، " کانسارهای سرب و روی در ایران،" چاپ اول، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ص ۵-۳۵.
- کامکار روحانی، ا و بیکی، م.، ۱۳۸۸، " پردازش و تفسیر داده های مغناطیس هوایی به منظور پی- جویی ذخایر کرومیت در منطقه سبزوار"، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۵، شماره ۳، ص ۳-۳۶.

- کامکار روحانی، ا. شگری، د. مرادزاده، ع. ۱۳۹۱. تعیین و تفکیک واحدهای زمین‌شناسی از روی داده‌های مغناطیس‌هوایی. مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۸، شماره ۳، ص ۱۱۱-۱۲۷.
- کثیری ا، (۱۳۸۶)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "مدل سازی و تفسیر داده های پلازیراسیون القایی و مقاومت ویژه به منظور اکتشاف سرب و روی در منطقه تاش و مچن"، معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- محمودی نیاز م، (۱۳۸۹)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "مطالعه کانی شناسی و ژنر کانسار سرب و روی یورت بابا" دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود.
- مختاری ع، (۱۳۸۳)، " کنترل و معرفی نواحی امیدبخش در ورقه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی دامغان"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- نوروزی، غ. ۱۳۸۸، " ژئوفیزیک اکتشافی"، چاپ اول، موسسه انتشارات دانشگاه تهران ص ۲۵۹.
- هاشمی تنگستانی، م.، ۱۳۸۲، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، انتشارات دانشگاه تهران.
- یعقوب پور، عبدالمجید، ۱۳۶۶، مبانی زمین شناسی اقتصادی، مرکز نشر دانشگاهی، ۲۶۶ صفحه.

منابع لاتین:

- An, P., Moon, W. M. & Bonham-Carter, G. F., 1992- On a knowledge-based approach of integrating remote sensing, geophysical and geological information, Proc. IGARSS'92 (Houston, Texas), p. 34–38.
- An, P., Moon, W. M. & Rencz, A. N., 1991- Application of fuzzy theory for integration of geological, geophysical and remotely sensed data, Can. Exploration Geophysics, v. 27, no. 1, p. 1–11.
- And stratiform deposits ، v.4 ، p . 1-29 ، Elsevier، Amesredam
- Anderson ، G.M. and macqueen ، R. w.، 1988 ، Mississippi - valley type lead - zinc deposits ، p. 70-90 ، In Roberts ، R . G. and sheahan ، p . A .(eds)، Ore Deposit Models: Geoscience Canada،
- Blakely R J. 1996 “ potential theory in gravity and magnetic applications” cambridge university press, 441.
- Bonham-Carter, G. F., 1994- Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS, Pergamon Press, NewYork, 398 p.
- Brown, W. M., Gedeon, T. D., Groves, D. I. & Barnes, R. G., 2000- Artificial neural networks: a new method for mineral prospectivity mapping, Aust. Earth Sciences, v. 47, no. 4, p. 757–770.
- Campbell, J, B., Wynn, R, H., 2011- Introduction to Remote Sensing, 5th ed, The Guilford Press, 667P.
- Carranza, E. J. M., Hale, M. & Mangaoang, J. C., 1999- Application of mineral exploration models and GIS to generate mineral potential maps as input for optimum land-use planning in the Philippines. Natural Resources Research, v. 8, no. 2, p. 165–173.

-Chung, C. F. & Agterberg, F. P., 1980- Regression models for estimating mineral resources from geological map data. *Math. Geology*, v. 12, no. 5, p. 473–488.

-Dehnavi, A, G., Sarikhani, R., Nagaraju, D., 2010- Image Processing and Analysis of Mapping Alteration Zones In environmental research , East of Kurdistan, Iran, *World Applied Sciences Journal* 11 (3), P.278-283.

-Eddy, B. G., Bonham-Carter, G. F. & Jefferson, C. W., 1995- Mineral resource assessment of the Parry Islands, high Arctic, Canada: a GISbased fuzzy logic model, *in Proc. Can. Conf. on GIS, CD ROM Session C3, Can. Ins. eomatics, --Ottawa, Canada, Paper 4.*

-Evans , A.M., 1976,Mineralization in geosynclines, in wolf ,k.h.(ed.)*Handbook of strata-bound Geology* ,v. 72, p. 408-419.

-Gupta, R. P., 2003. "*Remote Sensing Geology*", 3rd Edition, Springer--Verlag, Berlin, 655p.

-Harris, J. R., 1989- Data integration for gold exploration in eastern Nova Scotia using a GIS. *Proc. Remote Sensing for Exploration Geology* (Calgary, Alberta), p. 233–249.

-Harris, J. R., Wilkinson, L., Heather, K., Fumerton,S., Bernier, M. A. & Ayer, J., ,"Application of GIS processing techniques for producing mineral prospectivitymaps A case study: Mesothermal Au in the Swayze Greenstone Belt, Ontatio, Canada", *Journal of NaturalResources Research*, (2001),Vo1. 10 (2): 91-124.

-Kinnear, P.R.,& Gray, C.D.(2007).*Spss for Windows made.*(3rd ed.)Hove (uk):Psychology .press

-Larsen, K. G. 1977, *Sedimentology of Bonneterre formation , southeast Missouri:Economic Ore Deposits:Else vier scientific publishing Co , Amsterdam , v.6, p.1320-221.*

- Peters, W. C. Exploration and mining geology. New York, Santa Barbara, Toronto : Wiley, 1978. Sinclair, A.J. (1981), Application of probability graphs in mineral exploration, the association of exploration geochemists, p. 95.
- Reddy, R. K. T. & Bonham-Carter, G. F., 1991- A decision-tree approach to mineral potential mapping in Snow Lake area, Manitoba. Can. Remote Sensing, v. 17, no. 2, p. 191–200.
- Reprint series 3 † 194p.
- Sabins, F. F., 1997- Remote Sensing Digital Image Analysis: An Interpretation, Freeman and Co, San Francisco.
- Sanford, F., Pierson, T. and Crovelli, R.A (1993), An objective Replacement Method for Censored Geochemical Data, Mathematical geology, 27 : 59-79.
- Sangster, D.F. and Scott, S.D. † 1976 † Precambrian stratabound † massive Cu –Zn –Pb
- Sulfide over of north America † in Wolf † K.H.(ed.) † Hand book of stratabound and stratiform

Abstract

The study area is located between 54° to 54° 30' longitude and northern 36° to 37° latitude. This area is part of lead and zinc belt, north to north-eastern of Iran. This belt is extended from Mojen to Shahmirzad and Ahvaz mine, Shahmirzad mines are located in this belt. Most of lead and zinc mines in this belt have been considered as Mississippian Type. Main purpose of this research is detecting lead and zinc anomaly area. For this reason geological layers (structural, lithology), geophysics (air magnetic) and geochemistry of stream sediments were chosen to be combined in GIS environment. From a geological point of view, rocks that include this type of deposits are dolomitic limestone and carbonate and also sandstone. Faults and rupture have important effects. In the first step, 1:100000 geological sheet maps of Gorgan and Damghan and location of carbonate rocks and faults were highlighted. Air magnetic data processing was performed by goal for clearness fault in Geosoft Oasis Montaj software. In order to determine geochemical anomaly areas, single, variant and multivariate analyses were done. Later probability plot software was used to calculate the threshold values for haloes and anomaly geochemical distribution maps were used for GIS environments. Finally, the informational layers were combined using fuzzy logic in GIS environment. We identified for the follow-up step. In identified potential map, Damghan Sheet lead and zinc, high-potential zone in 1,2,3 areas in area of 29 km² are introduced which are 15% of total identified area in identified potential map, Gorgan sheet lead and zinc, high potential zone in 1,2 area of 9 km² are introduced which are 10% of total identified area which are private of discovery.

Keywords: lead and zinc: fuzzy logic, geochemistry anomaly, air - magnet, remote - sensing.



Faculty of Mining , petroleom and geophysics Engineering

MSc Thesis in Mining Explorationand Department

**Exploration of lead and zinc deposit based on geology, geochemistry
and geophysic data and using fuzzy logic studies in GIS software, case
study: 1:100000 Damghan and Gorgan sheets**

By: Seyed Amir Mahmood razaviyan

Supervisor(s):

Dr. Mansur Ziiai

Dr. Seyed Reza Ghavami-Riabi

Advisor

Mehdi Ziiai

September 2016