

اکتشافات ژئوشیمیایی در مناطق جنوبی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ لنگرود (جنوب شهرستان املش - استان گیلان)

فرزاد اسدی*، علی منتظری^۲

۱- هیات علمی گروه مهندسی معدن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

۲- دانشجوی دکتری اکتشاف معدن، دانشگاه دولتی باکو

(*عهده دار مکاتبات - si.company@rocketmail.com)

چکیده

محدوده اکتشافی مورد مطالعه در جنوب نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ لنگرود قرار دارد. این منطقه در برگیرنده بخشی از پهنه ساختاری زون گرگان - رشت است که پس از انجام عملیات نمونه برداری و آنالیز نمونه‌ها، پردازش‌های آماری بر روی داده‌های حاصل از آنالیز انجام گرفت و مقادیر شاخص غنی شدگی عناصر به منظور حذف اثر لیتولوژی انجام پذیرفت ناهنجاری‌های عناصر و مناطق آنومال نیز توسط پردازش‌های مربوط به انحراف از میانگین شناسایی شد. در این مرحله آنومالی مناسبی از عنصر تیتانیوم و هفده عنصر دیگر بدست آمد و کنترل ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی نیز به وسیله نمونه برداری همزمان کانی‌های سنگین انجام گرفت. کانی سنگین ناهنجر شناخته شده، کانی ایلمینیت بود که حضور عنصر تیتانیوم را نیز تایید می‌کند. نتایج کلی بدست آمده از بررسی‌های ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که ناهنجاری‌های شناخته شده، بیشتر مربوط به فلز تیتانیوم و عناصر نادر خاکی بوده و با توجه به حضور آنومال نمونه‌ها در حوالی شکستگی‌ها، نقش مهم گسل‌ها در ایجاد این ناهنجاری‌ها مورد تایید قرار می‌گیرد.

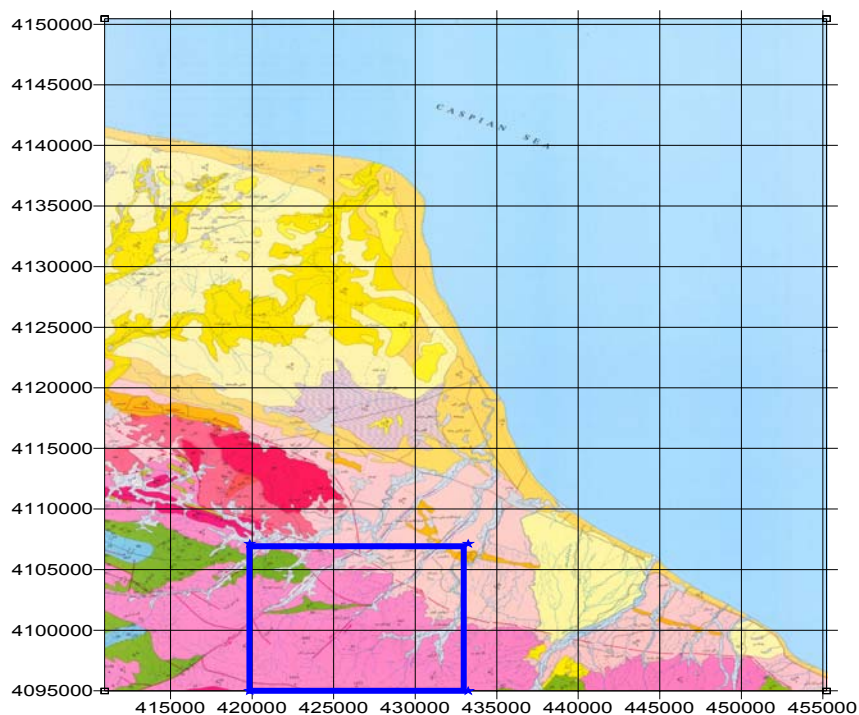
واژگان کلیدی: ژئوشیمی، مناطق آنومال، کانی سنگین، املش.

۱- مقدمه

محدوده مطالعاتی بخشی از جنوب نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ لنگرود می‌باشد که بین طول‌های جغرافیایی $50^{\circ}00'00''$ تا $50^{\circ}15'00''$ و عرض‌های جغرافیایی $37^{\circ}00'00''$ تا $37^{\circ}06'30''$ و در نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ املش و اطاقور واقع شده و در برگیرنده بخشی از پهنه ساختاری زون گرگان - رشت می‌باشد. با نگرش به رخساره‌های سنگی، سن و تاریخچه تکوین زمین ساختی، بطور مشخص تمام تحولات و حوادث زمین شناسی ناحیه تحت اثر مستقیم فعالیت‌های ولکانیکی و تکتونیک بوده (رحمتی، ۱۳۸۲) و توانمندی‌های اقتصادی محدوده مورد بررسی در دو بخش فلزی و غیر فلزی قابل مطالعه می‌باشد. این فعالیت‌ها متعدد و گهگاه با سازوکارهای مختلف در چهره سنگ‌های واحدهای مختلف بخصوص سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی، سنگ‌های با دگرگونی‌های متفاوت بی‌تأثیر نبوده و سبب شکل گیری چهره فعلی منطقه گردیده است.

از نظر زمین‌شناسی، محدوده مورد اکتشاف، در بخش جنوبی نقشه زمین‌شناسی لنگرود واقع شده است (شکل ۱). این محدوده در فاصله تقریبی ۳۳۰ کیلومتری شمال غرب تهران و در استان گیلان جای دارد. برای دسترسی به

محدوده مورد اکتشاف می‌بایست از محور اصلی تهران - رشت - لاهیجان - لنگرود - شلمان استفاده نمود و از شلمان، توسط جاده آسفالت‌های به طول یازده کیلومتر می‌توان وارد منطقه املش شد. منطقه لنگرود، از دیدگاه زمین ریخت شناسی به دو بخش کوهستانی متوسط تا کم ارتفاع در جنوب و پادگانه‌های کرانه جنوبی دریای خزر در شمال قابل تقسیم است. بلندترین نقاط در بخش کوهستانی در کوه‌های جورپیلی جان، جنوب شرقی سرا، کوه پمسی و کوه توسا گودشت جای دارند که به ترتیب ۱۴۳۴، ۱۴۲۳، ۱۱۹۶ و ۸۰۷ متر، از سطح دریا ارتفاع دارند. پادگانه‌های کرانه جنوبی دریای خزر از زمین های پست و هموار تشکیل شده و چنانچه از نظر گذشت، محدوده مورد اکتشاف در قسمت جنوبی این ورقه واقع شده است. توانمندی‌های اقتصادی محدوده مورد بررسی اگر چه در دو بخش فلزی و غیر فلزی قابل ذکر هستند ولی پوشش جنگلی مناسب می‌تواند بازار مناسب جهت بهره برداری اقتصادی از چوب درختان جنگلی را ایجاد نماید. وجود سنگ‌های ولکانیک بازیک به شدت تحت تاثیر دگرسانی‌های سطحی واقع شده و کانی‌های دگرسانی فراوانی را بوجود آورده است که از مهمترین آن‌ها انواع کانی‌های رسی است که ضخامت زیادی از خاک رس را در منطقه بوجود آورده و محیط را مستعد کشاورزی و جنگل کاری نموده است، از دیگر کانی‌های دگرسانی منطقه می‌توان به سریسیت، کلریت، اپیدوت، هماتیت و لیمونیت اشاره نمود. فراوانی بیوتیت در چند نقطه سبب شده، از جنبه اقتصادی مورد توجه قرار گیرد که از مهمترین آن معادن بیوتیت در حوالی روستاهای پروم سرا و یاعلی گوابر املش می‌باشد. ماده معدنی بیوتیت بصورت لایه‌های عدسی شکل و بصورت ورقه‌های شش گوش (هگزا گونال) در اندازه‌های مختلف (کمتر از یک میلی‌متر تا چند سانتی‌متر) دیده می‌شود.

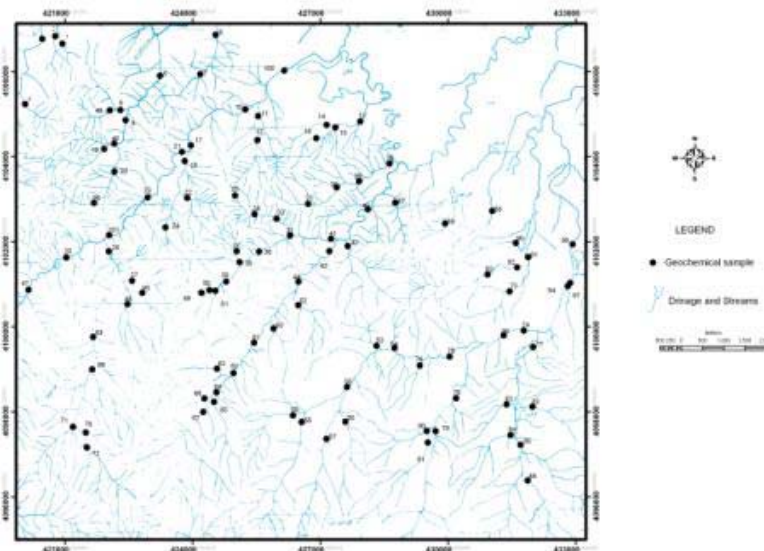


شکل ۱: موقعیت محدوده نهایی بر روی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ لنگرود

۲- مراحل و متدهای اکتشاف ژئوشیمیایی

۲-۱- نمونه برداری و تجزیه شیمیایی و پردازش‌های آماری

برای طراحی شبکه نمونه‌برداری ابتدا طرح کلی آبراهه‌های ناحیه با استفاده از نقشه‌های مبنای توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ اطاقور و طارم‌سرا رسم شد. سپس با جمع‌آوری اطلاعات زمین‌شناسی و بررسی دقیق عکس‌های هوایی، محل ۱۰۱ نمونه ژئوشیمیایی در پایین دست گسل‌ها، همبری‌های مهم زمین‌شناسی، مناطق با چگالی بالا و بی‌هنجاری‌های ژئوفیزیکی تعیین شد (شکل ۲). با توجه به مساحت منطقه مطالعاتی که ۱۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد، چگالی نمونه برداری، یک نمونه به ازای هر ۰.۹ کیلومتر مربع می‌باشد. نمونه برداری از محل‌های از پیش تعیین شده بر روی نقشه و با استفاده از الک ۴۰- مش انجام شد. نمونه‌های برداشت شده، جهت آنالیز ۴۴ عنصری به آزمایشگاه زرکوان البرز ارسال شدند. همچنین به منظور کنترل دقت آزمایش‌ها، ۲۰ نمونه تکراری نیز از بین نمونه‌های فوق انتخاب و با شماره‌های مجزا به آزمایشگاه ارسال شد.

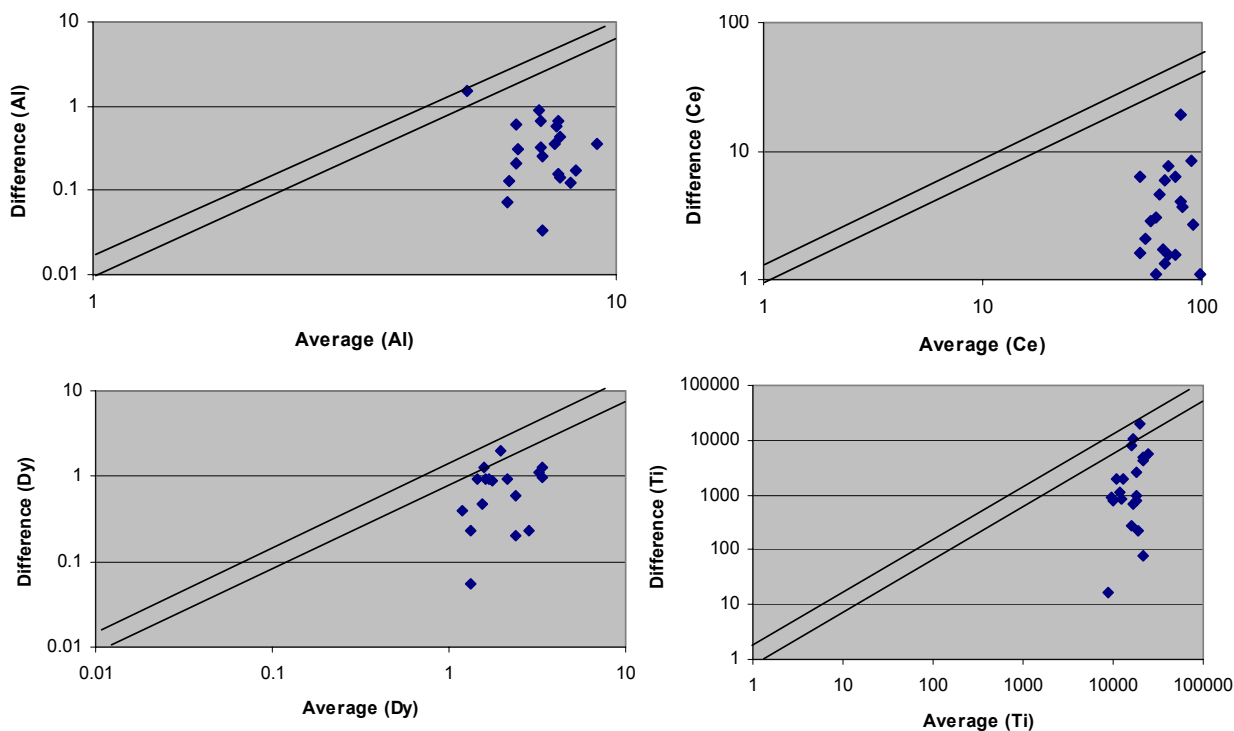


شکل ۲: نقشه شبکه آبراهه‌ای و موقعیت نمونه‌های ژئوشیمی

پس از تجزیه شیمیایی نمونه‌ها، ابتدا دقت تجزیه با استفاده از روش ترسیمی تامپسون تعیین شد. در این مرحله از دیاگرام کنترلی طراحی شده برای ۱۰٪ خطا که در سال ۱۹۷۶ توسط تامپسون ارائه شده استفاده گردید. لذا ابتدا در نرم افزار Excel جداولی تهیه گردید که در ستون اول و دوم مقادیر اندازه‌گیری شده برای هر جفت نمونه (اصلی و تکراری) و در ستون چهارم مقدار میانگین و در ستون پنجم قدر مطلق تفاضل هر زوج نمونه آورده می‌شود. در دیاگرام کنترلی تامپسون، محورهای لگاریتمی افقی و قائم به ترتیب مقادیر میانگین و قدر مطلق تفاضل دو اندازه‌گیری نمونه تکراری را نشان می‌دهد. پس از پیاده کردن نقاط مربوط به جفت نمونه‌های آنالیز شده در صورتی که ۹۰٪ داده‌ها زیر خط معادل ۱۰٪ و ۹۹٪ داده‌ها زیر خط معادل ۱٪ قرار گیرند خطا در حد معقول خواهد بود و اعتبار آنالیز برای نمونه‌های آزمایشگاهی تایید می‌شود. چنانچه از نمودارهای شکل ۳ [که برای تعدادی از عناصر نشان داده شده است] برمی‌آید، اعتبار نتایج آزمایشگاه به نحو معقولی مورد تایید می‌باشد.

در اکتشافات ژئوشیمیایی به روش رسوبات آبراهه‌ای (صرفنظر از مولفه آلودگی شیمیایی تغییرپذیری از حالت نرمال) دارای دو مولفه سن ژنتیک و اپی ژنتیک می‌باشد که مولفه سن ژنتیک در ارتباط با فرآیندهای سنگ زایی و مولفه اپی ژنتیک در ارتباط با فرآیندهای کانی سازی اقتصادی بوده و به عنوان یک مولفه مفید اکتشافی شناخته

می‌شود (حسنی‌پاک، ۱۳۸۴). مقدار زمینه یک سنگ از یک ناحیه به ناحیه دیگر ممکن است تغییر کند و نیز ممکن است مولفه سن ژنتیک (تغییرات سنگ شناسی) چنان قوی باشد که اثر مولفه اپی ژنتیک را محو کند. لذا برای از بین بردن مولفه سن ژنتیک، با قرار دادن نقشه نمونه‌برداری بر روی نقشه زمین شناسی، سنگ‌های بالادست هر نمونه ژئوشیمیایی که در تولید رسوب آبراهه‌ای مربوط به هر نمونه نقش داشتند، تفکیک و در قالب جوامع مختلف سنگی طبقه بندی شدند.



شکل ۳: نمودار کنترلی تامسون برای برخی از عناصر آنالیز شده

پس از بدست آوردن شاخص غنی سازی، مقادیر خارج از ردیف نیز توسط نرم افزار SPSS شناسایی شده و با سه دوم مقادیر ماقبل خود (برای مقادیر خارج از رده مثبت) و یا دو سوم مقادیر ماقبل (برای مقادیر خارج از رده منفی) جایگزین شدند (Mason and Moore, 1992). پس از آماده سازی داده‌ها، جهت تخمین شبکه‌ای، برای تفکیک بی هنجاری‌های ژئوشیمیایی، با محاسبه مقادیر میانه (\bar{X}) و انحراف معیار (S)، مقادیر حد زمینه (معادل با \bar{X})، حد آستانه بی هنجاری‌ها (معادل با $\bar{X}+2S$) و بی هنجاری‌های ممکن (مقادیر بین $\bar{X}+2S$ و $\bar{X}+3S$) و احتمالی (مقادیر $>\bar{X}+3S$) تعیین شد. پس از تعیین این ناهنجاری‌ها، منطقه مورد مطالعه برای ۱۸ عنصر ناهنجار و در ۱۰ منطقه خاص پر پتانسیل تشخیص داده شد. جدول ۱ نشان دهنده عناصر ناهنجار شناسایی شده و میزان غنی‌شدگی آنهاست.

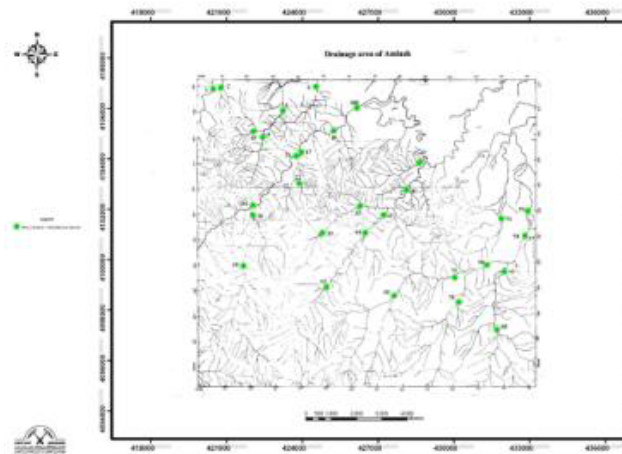
۲-۲- کنترل ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی

به دلیل این که در اکتشاف به روش ژئوشیمیایی هر عنصر مستقیماً مورد آنالیز قرار می‌گیرد، توجهی به فاز پیدایش آن نمی‌شود، از اینرو هاله‌های ثانوی کشف شده نمی‌توانند همواره معرف کانی‌سازی باشند. بنابراین برای تمیز دادن آنومالی‌های واقعی (که در ارتباط با پدیده کانی‌سازی بوده و دارای مؤلفه اپی ژنتیک است)، از انواع کاذب باید کنترل‌های دیگری نیز مانند نمونه‌برداری کانی‌های سنگین نیز انجام شود. این نمونه‌برداری‌ها همزمان با برداشت

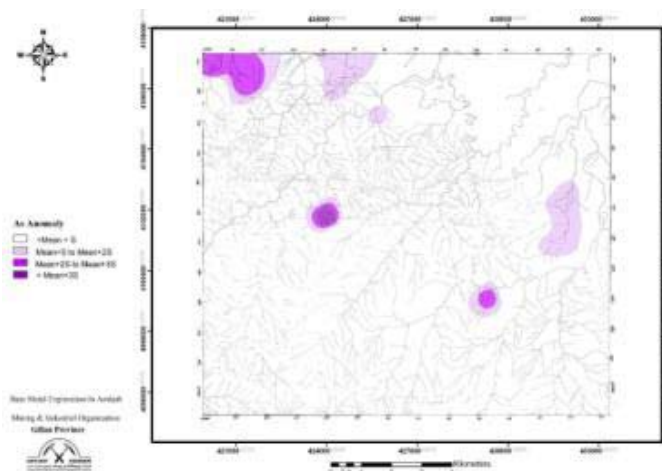
نمونه‌های ژئوشیمیایی انجام گرفت (حسینی‌پاک و شرف‌الدین، ۱۳۸۴). در این مطالعه تعداد ۲۹ نمونه کانی سنگین در فاز اولیه طراحی، به همراه نمونه‌های ژئوشیمیایی برداشت گردید (شکل ۴). در راستای طراحی و نمونه‌برداری از رسوبات آبرفتی آبراهه‌ها سعی گردیده که ایستگاه‌های نمونه‌برداری در مرز جدایش ارتفاعات با نقاط پست، محل پیچش آبراهه‌ها، محل اتصال آبراهه‌ها، گودال‌های آبراهه‌ای، مرکز ثقل آبریزها، جبهه مقابل جریان آب و بطور کلی هر محلی که احتمال کاهش سرعت جریان آب و بر جای گذاشته شدن کانی‌های سنگین می‌رود در نظر گرفته شوند.

۳- بحث و ارائه نتایج

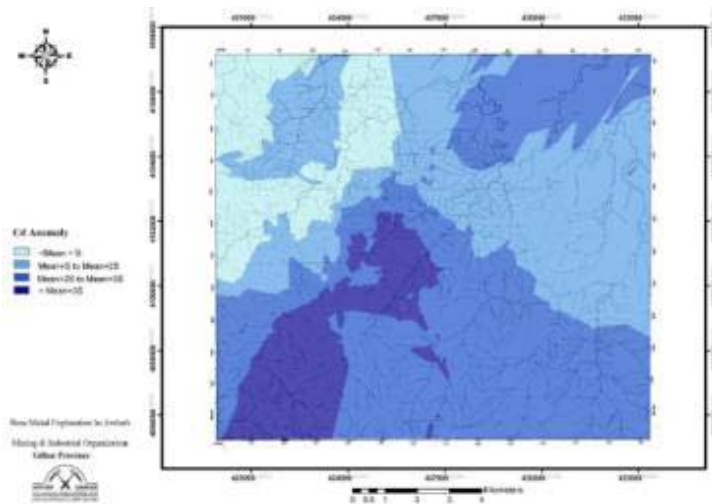
همان طور که در قسمت قبل از نظر گذشت، منطقه مورد مطالعه برای ۱۷ عنصر ناهنجار تشخیص داده شد (جدول ۱). این عناصر با توجه به مقادیر شاخص غنی شدگی خود و نیز انحراف از میانه، به گروه‌های زمینه، آنومالی احتمالی و ممکن تقسیم بندی شدند. حال با کلاسه بندی عناصر ناهنجار به گروه‌های زمینه، آنومالی ممکن و احتمالی و به کمک ابزارهای درون‌یابی زمین‌آماري بسته نرم افزاری Arc GIS توزیع عیاری عناصر ناهنجار رسم شد. در نمودارهای شکل‌های ۵-۸ ناهنجاری‌های بعضی از عناصر و همچنین توزیع عیاری تعدادی از عناصر معرفی شده در جدول ۱ آمده است.



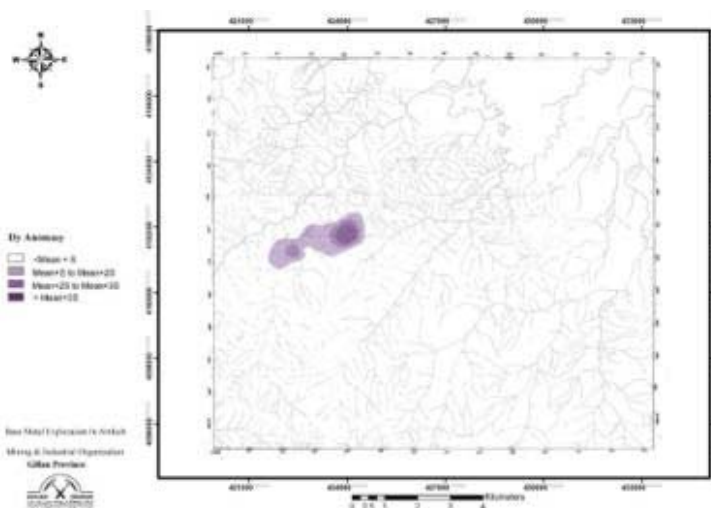
شکل ۴: محل برداشت نمونه‌های کانی سنگین بر روی نقشه آبراهه‌های منطقه اکتشافی املش



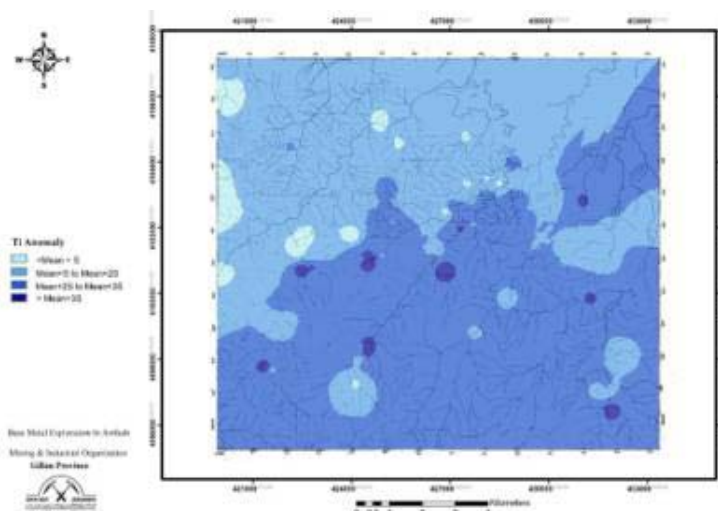
شکل ۵: نقشه ناهنجاری عنصر آرسنیک در منطقه اکتشافی



شکل ۶: نقشه ناهنجاری عنصر کادمیم در منطقه اکتشافی



شکل ۷: نقشه ناهنجاری عناصر نادر خاکی (سریم، دیسپروسیم، هافنیم، لانتان، توریم، نیوبوم، اورانیوم و زیرکونیم) در منطقه اکتشافی



شکل ۸: نقشه ناهنجاری عنصر تیتانیوم در منطقه اکتشافی

جدول ۱: معرفی عناصر آنومال (ناهنجار) در محدوده اکتشافی

| ردیف | عدد اتمی | نام عنصر | نشانه اختصاری | حداکثر میزان غنی شدگی |
|------|----------|-----------|---------------|-----------------------|
| ۱ | ۳۳ | آرسنیک | As | ۹ |
| ۲ | ۴۸ | کادمیم | Cd | ۱۵ |
| ۳ | ۵۸ | سرب | Ce | ۱۰ |
| ۴ | ۲۴ | کروم | Cr | ۱۸ |
| ۵ | ۶۶ | دیسپروسیم | Dy | ۵ |
| ۶ | ۲۶ | آهن | Fe | ۴ |
| ۷ | ۷۲ | هافنیم | Hf | ۱۳ |
| ۸ | ۵۷ | لانتان | La | ۱۰ |
| ۹ | ۲۵ | منگنز | Mn | ۴ |
| ۱۰ | ۴۱ | نیوبیوم | Nb | ۱۵ |
| ۱۱ | ۱۵ | فسفر | P | ۴ |
| ۱۲ | ۸۲ | سرب | Pb | ۲۲ |
| ۱۳ | ۱۶ | گوگرد | S | ۱۰ |
| ۱۴ | ۲۲ | تیتانیم | Ti | ۵ |
| ۱۵ | ۹۰ | توریم | Th | ۸ |
| ۱۶ | ۹۲ | اورانیوم | U | ۳۵ |
| ۱۷ | ۳۰ | روی | Zn | ۵ |
| ۱۸ | ۴۰ | زیرکونیم | Zr | ۱۳ |

- همچنین در فاز مطالعات کانی سنگین نیز، نکات ذیل قابل ارائه می‌باشد.
- بر اساس مطالعه نمونه‌های کانی سنگین، آثاری از کانی‌های سرب، مس و کانی‌های پاراژنرطلا مانند سینابر و اورپیمنت در منطقه مشاهده شده است.
 - حجم عمده فاز دیامگناطیس (NM) نمونه‌ها را کانی‌هایی مانند آپاتیت، اسفن، زیرکن، باریت، کربنات، کوارتز و فلدسپار، پیریت و به ندرت روتیل، نیگرین و لوکوکسن تشکیل می‌دهد.
 - کانی‌های هماتیت، پیروکسن، آمفیبول، لیمونیت، ایلمنیت، اپیدوت، و به ندرت گوتیت، الیژیست، مارتیت، گارنت، پیریت، در فاز پارامگناطیس (AV) حضور دارند. در فاز فرومگناطیس (AA) کانی مگنتیت مشاهده شده است.
 - ناهنجاری‌ها و آلودگی‌های عمده مس در منطقه به صورت کانی‌های کالکوپیریت، کوپریت و مس آزاد می‌باشد. البته قابل ذکر است که مس آزاد با توجه به شکل ظاهری آن در نتیجه آلودگی زیست محیطی در نمونه‌ها دیده می‌شود.
 - از مهمترین آثار کانی‌زایی سرب در منطقه می‌توان به گالن و سرب آزاد اشاره کرد که این آثار بر اساس مطالعه نمونه‌های کانی‌سنگین، به صورت پراکنده در منطقه حضور دارد.
 - در منطقه اکتشافی، کانی تیتان‌دار ایلمنیت به مقدار نسبتاً فراوان مشاهده شده است. البته نتایج آنالیزهای شیمیایی رسوبات آبراهه‌ای نیز عیار آنومال عنصر تیتینیوم را تایید کرده است. با توجه به حضور تیتانیوم و اثبات وجود ایلمنیت به عنوان یک کانی تیتان دار، این منطقه پتانسیل حضور این فلز گرانبها را دارا می‌باشد. به طور کلی عیار این کانی در آنالیز کمی کانی‌های سنگین به طور نسبی بالاست.

۴- نتیجه گیری

- نتایج حاصل از اکتشافات ژئوشیمیایی در جنوب برگه ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی لنگرود، منجر به تفکیک ده محدوده بی هنجاری از عناصر As, Cd, Ce, Cr, Dy, Fe, Hf, La, Mn, Nb, P, Pb, S, Ti, Th, U, Zn, Zr شد.
- بیشترین گسترش این ناهنجاری‌ها مربوط به عنصر تیتانیوم می‌باشد.
- نتایج حاصل از انطباق نقشه ناهنجاری‌ها با یکدیگر نشان می‌دهد که در شرق محدوده مورد مطالعه، ناهنجاری مربوط به عناصر کمیاب (شامل Dy, Hf, La, Nb, Th, Zr) کاملاً بر هم منطبق هستند. این محدوده که بر روی شکستگی‌های گسلی واقع شده است، از نظر اکتشافی پس از محدوده آنومال تیتانیوم دار دارای اهمیت مناسبی است.

۵- منابع

۱. حسنی پاک، ع.ا. و شرف‌الدین، م.، ۱۳۸۴. تحلیل داده‌های اکتشافی؛ انتشارات دانشگاه تهران. ۱۰۱۴ صفحه، صفحات ۳۴-۲۵ و ۲۴۸-۲۴۵.
۲. حسنی پاک، ع.ا.، ۱۳۸۴. نمونه‌برداری معدنی؛ انتشارات دانشگاه تهران. ۵۲۳ صفحه، صفحات ۸۷-۲۳ و ۳۸۹-۳۷۵.
۳. رحمتی، م.، ۱۳۸۲. نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ لنگرود، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۴. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۳. نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ لنگرود.
۵. سازمان نقشه‌برداری، ۱۳۷۷. نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ املش.
۶. سازمان نقشه‌برداری، ۱۳۷۷. نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ اطاق‌ور.
7. Mason, B. and Moore, C.B., 1992. Principles of Geochemistry, pp.224-252.
8. John Wiley and sonsm 1984. Data analysis in geology, 3rd chapter, 320-342.
9. Surfer, and Arc GIS package manual, especially in geo refreceiving, data gridding, interpolation and estimation