

اکتشاف ژئوشیمیایی رسوبات آبراه‌های و کانی سنگین در برگه ۱:۲۵۰۰۰ قزوین

۱- سید علیرضا آشفته ۲- علی عابدینی ۳- داریوش اسماعیلی

۱- دکترای زمین‌شناسی اقتصادی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران (نویسنده مسئول)

sa.ashofteh@urmia.ac.ir

۲- استاد و عضو هیئت علمی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

a.abedini@urmia.ac.ir

۳- استاد و عضو هیئت علمی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تهران، تهران، ایران

dsmaeili@ut.ac.ir

چکیده

محدوده مورد مطالعه در شمال شرقی برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ قزوین و در جنوب برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ جواهرده در منطقه هیر واقع شده است. پس از انجام عملیات نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیایی و کانی سنگین، پردازش‌های داده‌های آماری حاصل از نتایج آنالیزها انجام شد و مقادیر شاخص غنی‌شدگی عناصر به منظور حذف اثر لیتولوژی تعیین و انجام شد و ناهنجاری‌های عناصر و مناطق آنومال نیز شناسایی شد. در این مرحله آنومالی‌های مناسب در برگه ۱:۲۵۰۰۰ تعیین و کنترل ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی نیز توسط نمونه کانی سنگین انجام گرفت. با تلفیق داده‌های مناسب نظیر نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، آلتراسیون‌ها، تصویر ماهواره‌ای مدل رقومی ارتفاعی و ژئوفیزیک هوابرد، شبکه نمونه‌برداری از آبراه‌های دارای بهترین پتانسیل و نیز کانی سنگین، از نواحی مستعد مانند آلتراسیون‌ها و کنتاکت‌ها و جوار توده‌های نفوذی، تهیه شد. پس از آنالیز داده‌ها تحلیل بر روی آنها انجام گرفت و خطاها با استفاده از حذف داده‌های سنسورد برطرف شد و با روش‌های آماری یک، دو و چند متغیره که بهترین روش برای تحلیل داده‌ها و نرمال‌سازی آنها است، نشان داده شد عمده کانی‌سازی‌های منطقه از نوع رگه‌ای هیدروترمال است و این عناصر در این نوع کانی‌سازی‌ها همواره به شکل ردیاب و کمتر به صورت محصول فرعی حضور دارند. پس از انطباق نتایج مطالعات کانی سنگین با نتایج حاصل از اکتشافات ژئوشیمیایی ۴ محدوده دارای آنومالی شناسایی شد که در بین این محدوده‌ها تنها یک محدوده امیدبخش تشخیص داده شد. این محدوده در جنوب غربی منطقه مورد مطالعه بوده و بیشترین گسترش آنومالی‌ها در این منطقه مربوط به عناصر روی، مس، باریم، کادمیوم، بیسموت، آهن و منگنز می‌باشد که می‌توانند به عنوان ردیاب در اکتشاف ذخائر مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی

"اکتشاف"، "ژئوشیمی"، "محیط زیست"، "کانی سنگین"، "رسوبات آبراه‌ای"، "قزوین"، "هیر"

Geochemical Exploration of Drainage Sediments and Heavy Minerals in Sheet 1: 25,000 of the Qazvin

1- Alireza Ashofteh 2- Ali Abedini 3- Daryosh Esmaeili

1- Ph.D of Economic Geology, Urmia University, Urmia, Iran

sa.ashofteh@urmia.ac.ir

2- Full Professor of Economic Geology, Urmia University, Urmia, Iran

a.abedini@urmia.ac.ir

3- Full Professor of Petrology, Tehran University, Tehran, Iran

dsmaeili@ut.ac.ir

Abstract

The case study of present project is located in northeast of Qazvin sheet 1:100000 and south of Javaherdeh 1:100000 sheet, in the Hir region. The present study aims to geochemically explore the Hir region in scale of 1:25000 using stream sediments and heavy minerals exploration method. For this purpose, all data and information of the case study were collected and then, the proper data such as geological map, topography, alteration map, airborne geophysical map and satellite image of digital elevation model, sampling network of the best potential streams as well as heavy mines from potential areas, such as contacts and adjacent intrusions and alterations, was prepared. Then, sampling was carried out and the specimens were transferred to the laboratory for the element analysis. After data analysis, an analysis was performed on them and the errors were resolved by removing the censored data and then, they were normalized by statistical method. Then, the data were statistically analyzed in order to find the areas with mineral potential. The statistical methods used in present study were univariate analysis, cluster analysis, correlation coefficient and factor analysis. Then, the results of various methods were examined and the final map of these areas was obtained. Eventually, field inspection was carried out to verify the final map.

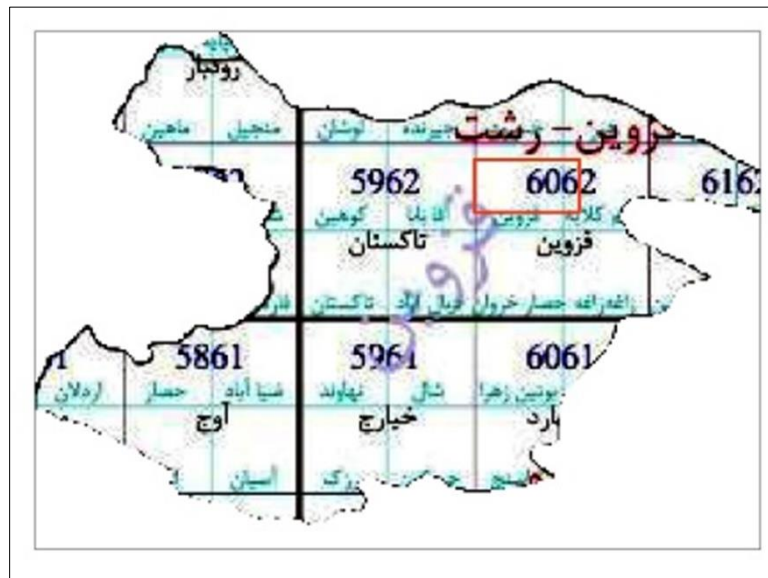
Key Word

"Exploration", "Geochemistry", "Heavy Mineral", "Qazvin", "Environment", "Hir"

مقدمه

در اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه‌ای و نیمه تفصیلی با توجه به وسعت نسبتاً بالای محدوده، تحت اکتشاف هاله‌های ژئوشیمیایی ثانویه، مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرند. هدف از این فعالیت‌ها که خود شامل نمونه‌برداری، آماده‌سازی، آنالیز شیمیایی، پردازش و تفسیر داده‌ها می‌گردد، کشف تمرکزهای غیر عادی عناصر مرتبط با کانی‌سازی احتمالی در محیط‌های ثانویه حاصل از انواع فرسایش است. یکی از محیط‌های تحت پوشش اکتشافات ژئوشیمیایی محیط رسوبات رودخانه‌ای می‌باشد که در شرایط آب و هوایی گوناگون قابل نمونه‌برداری است و به عنوان یک روش مستقل و مفید برای تشخیص نواحی مستعد با پتانسیل بالای معدنی استفاده می‌شوند. تجارب حاصله نشان می‌دهد که در مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰ چنین اکتشافاتی مفید بوده و قابلیت رهنمونی به نواحی کانی‌سازی شده را دارد لذا در تحقیق حاضر که هدف یافتن کانی‌سازی‌های احتمالی در منطقه برداشت و پردازش داده‌های ژئوشیمی آبراه‌های در دستور کار قرار گرفت. استان قزوین با مساحتی معادل ۱۵۶۲۳ کیلومتر مربع در حوزه مرکزی ایران بین ۴۸ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۵ درجه ۲۴ دقیقه تا ۳۶ دقیقه و ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی نسبت به خط استوا قرار دارد. این استان از سمت شمال به استان‌های گیلان و

مازندران، از سمت جنوب به استان مرکزی، از سمت شرق به استان تهران و از غرب به استان‌های زنجان و همدان محدود می‌باشد **شکل (۱)**. این استان در دامنه جنوبی رشته‌کوه‌های البرز واقع شده است که به دلیل داشتن ارتفاعات متعدد و بارندگی‌های متوسط از نقاط معتدل کشور بشمار می‌رود. برکه ۱:۲۵,۰۰۰ هیر در شمال شرقی استان قزوین بین طول‌های جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه و ۳۰ دقیقه و عرض‌های جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه و ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه در محدوده روستای هیر قرار گرفته است **شکل (۲)**. هیر نام روستایی است که در بخش رودبار الموت غربی شهرستان قزوین و در ۷۰ کیلومتری شمال آن قرار دارد. روستای هیر در کنار کوهی سنگی به نام «لتر تله» قرار دارد. «تله» در زبان محلی این روستا به معنی صخره می‌باشد. باغستان‌های زیبا و سرسبز نیز چون نگینی آن را دربر گرفته است. این روستا دارای رودخانه‌ای زیبا به نام نینه‌رود است. روستای هیر با روستاهای وبار، دربند، سوگاه، زردچال، لتر، پراچان، قسطنین، میلک، ورگیل و چهارناحیه همسایه بوده و از شمال با ناحیه اشکورات استان گیلان هم‌جوار است. جاده آن آسفالت‌ه بوده و از شمال شهر قزوین بعد از گذشتن از مناطق باراجین، زرشک، فلاز، بهرام‌آباد، رازمیان و زردچال به روستای هیر می‌رسد و از آنجا نیز به رحیم‌آباد و رودسر منتهی می‌شود.



شکل (۱) ایندکس برکه‌های زمین‌شناسی استان قزوین (محدوده مورد بررسی با کادر قرمز مشخص شده است)

توان معدنی

منطقه قزوین که در دامنه‌های جنوبی البرز قرار گرفته است شامل مجموعه متنوعی از مواد معدنی مختلف شامل ذخایری از آهن، باریت، بوکسیت، خاک‌های صنعتی، زغال‌سنگ، سنگ‌های آهکی، کائولن، گچ، مس، منگنز، نمک و سرب و روی می‌باشد. سیلیس یکی از مواد معدنی فراوان در منطقه قزوین می‌باشد **(آقناباتی، ۱۳۷۸)**. با توجه به گسترش تشکیلات ماسه‌سنگی لالون و کوارتزیت سفید بخش بالایی این تشکیلات و همچنین فعالیت‌های ماگمایی دوران سوم که باعث فوران‌های آتشفشانی و رسوب توف‌های اسیدی در منطقه گردید ذخایر بزرگی از سیلیس را در منطقه ایجاد

کرده است به طور کلی می‌توان ذخایر سیلیس منطقه را از نظر نحوه تشکیل به دو دسته تقسیم نمود:

- ۱- ذخایر سیلیس رسوبی که مربوط به بخش فوقانی تشکیلات ماسه‌سنگی لالون بوده و بیشترین گسترش آن در مناطق آبگرم و آبیگ می‌باشد.
- ۲- ذخایر سیلیس آذرین که حاصل آلتراسیون توف‌های اسیدی منطقه توسط محلول‌های گرمایی منتج شده از سنگ‌های آذرین می‌باشد. این نوع ذخیره در غرب قزوین و منطقه تاکستان گسترش دارد. خاک‌های صنعتی از مواد معدنی دیگر موجود در منطقه بوده که با در نظر گرفتن گسترش تشکیلات آذرآواری منطقه ذخایر متعدد را تشکیل داده است **(نبوی، ۱۳۸۰)**. باریت از فراوانی و

نقطه از استان مشاهده شده است. این ماده معدنی در بین سنگ‌های آذرآواری پالئوژن و سنگ‌های آهکی سازند روته تشکیل شده است. آثار متعددی از کانی‌های فلزی از قبیل سولفیدها و کربنات‌های مس شامل کالکوپریت و مالاکیت، آثاری از اکسیدهای آهن و سولفید سرب و روی در منطقه وجود دارد. اکثر این آثار معدنی ارتباط نزدیکی با فعالیت‌های ماگمایی دوران سوم زمین‌شناسی داشته و در بین نهشته‌های آذرین و آذرآواری تشکیل شده‌اند. معادن در حال واگذاری عمدتاً از نوع آهن، بنتونیت درجه ۲، خاک سرخ، خاک صنعتی، خاک نسوز، زغال‌سنگ، کربنات مس و هماتیت می‌باشد (گزارش سازمان زمین‌شناسی، ۱۳۹۱).

گسترش وسیعی در استان برخوردار است و این به دلیل ارتباط نزدیک تشکیل این ذخایر با فعالیت‌های ماگمایی پالئوژن و گسترش این سنگ‌ها در منطقه می‌باشد. بوکسیت و خاک‌های نسوز نیز در منطقه مشاهده گردیده است. خاک‌های صنعتی با ترکیب کاتولینیتی تا بنتونیتی زاج سفید، یا آلونیت حاصل از آلتراسیون سنگ‌های آذرین و آذرآواری غنی از آلومینیوم توسط محلول‌های گرمایی سولفات می‌باشد. سنگ‌های آهکی و دولومیت متعلق به آهک‌های تشکیلات قم و تشکیلات آهکی ژوراسیک و کرتاسه می‌باشند. گچ به شکل ژیبس با کیفیت بالا در بین سنگ‌های آذر آواری پالئوژن وجود دارد. گچ‌های موجود در منطقه آوج مربوط به تشکیلات نئوژن بوده و معادن تشکیلات URF در ایران مرکزی می‌باشد. منگنز به شکل اسیدهای منگنز در چند

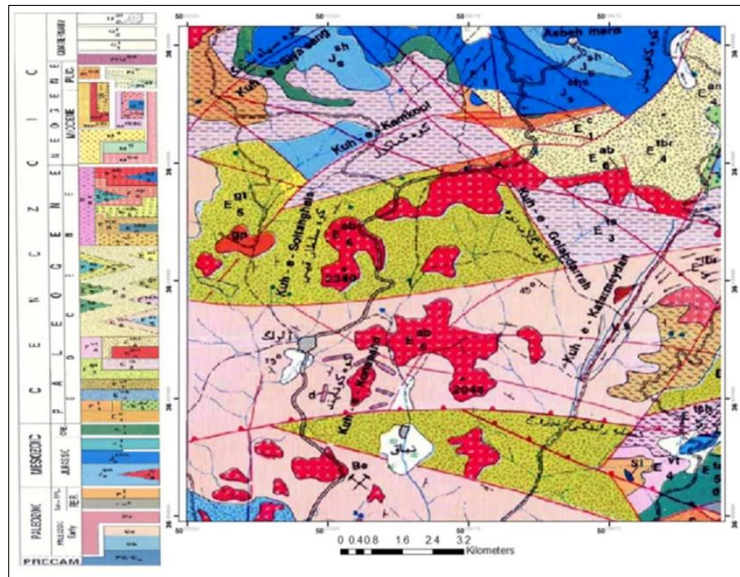


شکل (۲) نقشه راه‌های منطقه مورد مطالعه (روستای هیر)

واحد محدود به دو رویداد کوهزایی سیمیرین پیشین (تریاس بالا) و سیمیرین میانی (ژوراسیک میانی) است که عمدتاً متشکل از شیل و ماسه‌سنگ (سازند شمشک) بوده و رسوب‌های زغال‌دار ایران هستند که در پیش بوم‌های سیمیرین پیشین انباشته شده‌اند. در همه جای استان قزوین سنگ‌های ژوراسیک میانی کرتاسه بالا ردیف‌های مارنی کربناتی هستند که رخنمون‌های کوچکی در شمال و جنوب استان دارند. سنگ‌های سنوزوئیک با مجموعه‌های آذرین آواری ائوسن (سازند کرج) آغاز می‌شود که گاهی نفوذی‌های گرانیتی وابسته به رویداد کوهزایی پیرنتن به درون آنها تزریق شده است. بخش بیشتر سنگ‌های سنوزوئیک استان قزوین ردیف‌های همزمان با کوهزایی سنوزوئیک هستند که عمدتاً در حوضه‌های بین کوهی انباشته شده‌اند و رخنمون‌های محدودی در پای ارتفاعات دارند. در استان قزوین نهشته‌های آبرفتی کواترن گستره‌های وسیعی را زیر پوشش دارند (اشتوکلین، ۱۹۶۸). دگرریختی‌های رسوبات کواترن استان قزوین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است به طوری که در گستره استان، گسله‌های شمال قزوین، طالقان، اشتهارد، آبیک و شاهرود رسوب‌های کواترن را بریده و دارای پیشینه لرزه‌خیزی می‌باشند و لذا رویداد زمین‌لرزه در استان قزوین دور از انتظار نیست شکل (۳).

جایگاه و ویژگی‌های زمین‌شناسی

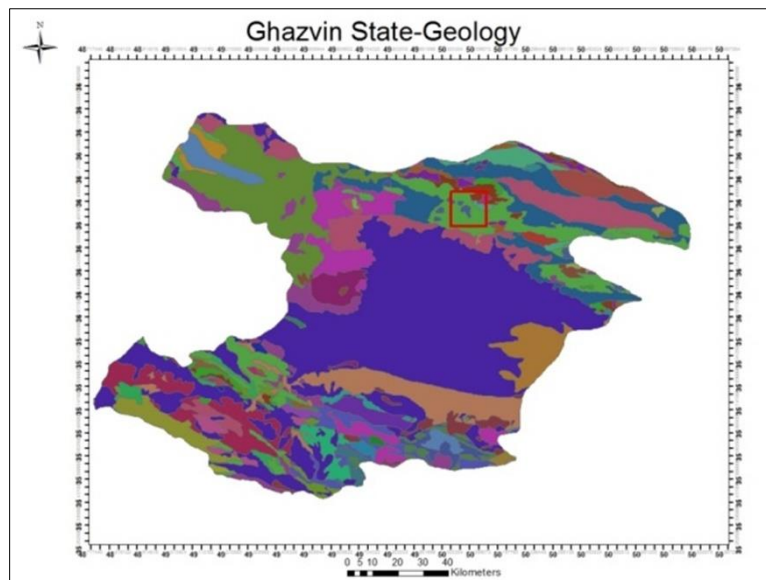
از نگاه زمین‌شناسی استان قزوین در فصل مشترک البرز باختری و لبه شمالی ایران مرکزی قرار دارد به بیان دیگر بلندی‌های شمال استان در حاشیه جنوبی البرز و بخش بیشتر استان که شامل دشت قزوین و ارتفاعات جنوب است به پهنه ساختاری رسوبی ایران مرکزی تعلق دارد و به نظر می‌رسد که مرز این دو پهنه بر راندگی شمال قزوین منطبق باشد که ارتفاعات شمال را از دشت قزوین جدا می‌کند. از دیدگاه ریخت‌شناسی کوه‌های شمال قزوین از یک سری چین‌ها و راندگی‌های شرقی - غربی ساخته شده است که به سمت جنوب رانده شده‌اند. شدت دگرریختی در حد کوه و دشت در بیشترین مقدار بوده و بلندی‌های کوهپایه‌ای را دارد که تدریجاً به پهنه مسطح دشت قزوین می‌رسد که با نهشته‌های آبرفتی جوان و گاهی با ریخت‌های کویری چون پوسته نمکی، تپه‌های ماسه‌ای و کفه رسی پوشیده شده است. حد جنوبی استان فیزیوگرافی کوهستانی دارد که در ساخت آن سنگ‌های پالئوزوئیک، مزوزوئیک بویژه ولکانیک‌های سنوزوئیک نقش اساسی دارند. واحدهای بخش شمالی (البرز) و بخش جنوبی (ایران مرکزی) استان تفاوت آشکاری ندارند و در همه جا توالی‌های سنگی با نهشته‌های پلاتنفرمی پرکامبرین پسین (سازند سلطانیه) آغاز می‌شود که کمابیش با چند واحد رسوبی بزرگ و کوچک تا تریاس میانی ادامه می‌یابد. ردیف‌های تریاس بالا - ژوراسیک میانی یک



شکل (۳) نقشه زمین شناسی محدوده مورد بررسی

منطقه مورد مطالعه بخش بسیار کوچکی از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ قزوین با مساحتی در حدود ۱۷ کیلومتر مربع می باشد. راه دسترسی به محدوده مورد بررسی از طریق جاده معلم کلاویه به رازمیان پس از طی ۵۰ کیلومتر می باشد. بارزترین واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه از قدیم به جدید شامل سنگ های پالئوزوئیک بالایی است که در اثر عملکرد گسل های بزرگ در منطقه با روند شمال غربی - جنوب شرقی بروز پیدا کرده و به شدت چین خورده اند. بخشی از سازند پالئوزوئیک بالایی در منطقه سازندهای درود و روتنه است. از نمونه های دوران دوم (مزوزوئیک) نیز بخش بالایی سازند الیکا وجود دارد که از دولومیت های کرم رنگ به سن تریاس زیرین - میانی تشکیل شده است همچنین رخنمون هایی از رسوبات ژوراسیک پایینی تا میانی، کرتاسه بالایی و کرتاسه زیرین نیز مشاهده می شود. از سازندهای رخنمون شده در دوران سوم می توان به سازند زیارت، فجن و سنگ آهک های توفی و مارنی با سن ائوسن پیشین و سنگ های آذرآواری مانند آگلومرا و توف نیز اشاره نمود.

سنگ های نفوذی کم عمق با ترکیب آندزیت و بازالت در داخل ائوسن نفوذ کرده اند که سن آنها بعد از ائوسن می باشد همین در دامنه جنوبی رشته کوه البرز کنگلومرا توده ای خاکستری رنگ وجود دارد که بر روی مجموعه سنگ های آتشفشانی اردوسین قرار گرفته است (افتخارنژاد، ۱۳۷۸). رسوبات کواترنری نیز به شکل رسوبات آبرفتی و یا مخروطه افکنه مشاهده می شوند. محدوده بخشی از سیستم تکتونیکی پیچیده بخش جنوبی البرز مرکزی است. ساختمان های زمین شناسی شامل چین خوردگی ها و شکستگی هایی است که عمدتاً دارای روند شمال غربی - جنوب شرقی بوده و از روند اصلی چین خوردگی البرز پیروی می کند. این شکستگی ها عمدتاً از نوع گسله های فشارشی می باشند علاوه بر این شکستگی ها، شکستگی های دیگری نیز مشاهده شده که از روند شمال خاور - جنوب باختر پیروی می نمایند (گسل وندر و گسل راندگی نیزوج) شکل (۴).



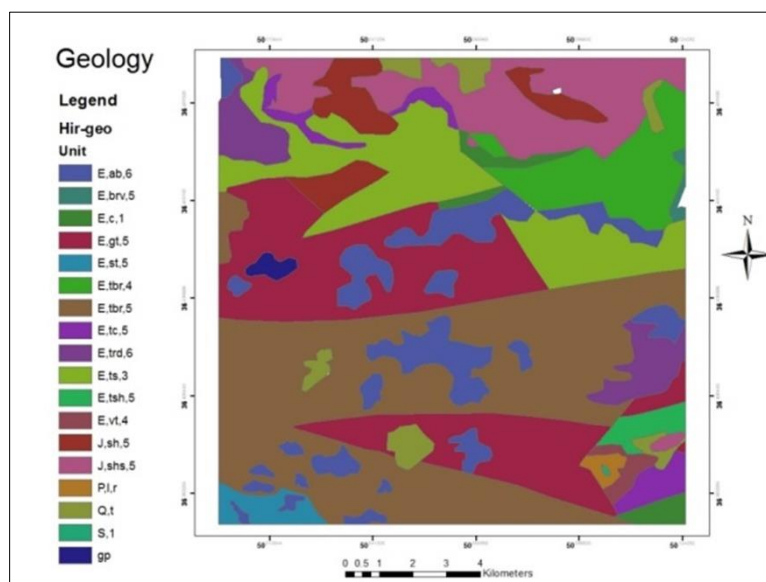
شکل (۴) نقشه زمین شناسی استان قزوین (محدوده با کادر قرمز مشخص شده است)

شوند. عواملی که در این خصوص باید در نظر داشت شامل تیپ کانسار مورد انتظار، سنگ درونگیر، محیط تکتونیکی و دامنه سنی واحدهای زمین‌شناسی می‌باشد (حسنی پاک، ۱۳۹۱). از ترکیب نتایج حاصل از محیط‌های مختلف نمونه‌برداری در حوضه‌های آبریز می‌توان به نتایج مناسب‌تری دست پیدا کرد. چگالی نمونه‌برداری از رسوبات آبراهه‌ای تابع چگالی آبراهه‌ها در حوضه آبریز است. برای مناطقی مانند منطقه تحت بررسی این مقدار می‌تواند یک نمونه برای هر ۱ تا چند کیلومتر مربع در نظر گرفته شود. برای استفاده بهینه از داده‌های حاصل از هر نمونه سعی شده است تا توزیع نمونه‌ها در نواحی کوهستانی حتی‌الامکان به روش مرکز ثقل حوضه‌های آبریز باشد (شکل ۵).

به منظور تشخیص آنومالی‌های واقعی و تمیز انواع مرتبط با ذخایر معدنی در هر ناحیه‌ای لازم است تا جزء ثابتی از رسوبات آبراهه‌ای (جزء ۸۰ مش) و یا کانی سنگین (جزء ۲۰- مش) مورد آزمایش قرار گیرد. قطر این جزء ثابت تابع شرایط آب و هوایی، توپوگرافی و فاصله از منشأ کانی‌سازی می‌باشد. در مواردی که هاله‌های ثانویه اکسیدهای آهن و منگنز توسعه یافته‌اند برداشت نمونه از چنین هاله‌هایی ممکن است موجب شدت‌بخشی به هاله‌های هیدرومورفیک شود که در این صورت باید احتیاط‌های لازم جهت تفسیر اطلاعات حاصله صورت پذیرد. علاوه بر موارد فوق در بررسی رسوبات آبراهه‌ای برداشت نمونه‌هایی همچون قطعات کانی‌سازی شده کف آبراهه، قطعات پوشیده شده از اکسیدهای آهن و منگنز، قطعات حاوی سیلیس برای آنالیز یک یا چند عنصر یا کانی خاص می‌تواند مفید واقع شود البته هر یک از محیط‌های نمونه‌برداری فوق تحت شرایط خاصی می‌تواند بیشتر مفید واقع

جدول (۱) تمرکز عناصر در واحدهای سنگ‌شناسی

نوع واحد زمین‌شناسی یا سنگ‌شناسی	نوع عناصر
سنگ‌های آذرین اسیدی مانند گرانیت‌ها	Li, Be, B, Sn, Nb, Ta, Cs, Zr, Hf, W, REE, Sc, Th, U, Mo, Re, F
اسکارن‌ها و کانسارهای پورفیری‌ها	Ag, Au, Pb, Zn, Hg, Cd, Ga, As, Sb, Bi, Cu, Se, F, Sr, Ba
سنگ‌های آذرین بازیک مانند کرومیت‌ها	Cr, V, Ni, Co, Pt
سنگ‌های رسوبی	Co, Cr, V, B, Li, Ga, Se, Mo, Ca, Mg
سنگ‌های بوکسیتی	Al, Ni, Fe
سنگ‌های تیخیری	Sr, K, Na
سنگ‌های با منشأ آلی	U, V, B



شکل (۵) واحدهای زمین‌شناسی از نظر اهمیت تمرکز عناصر

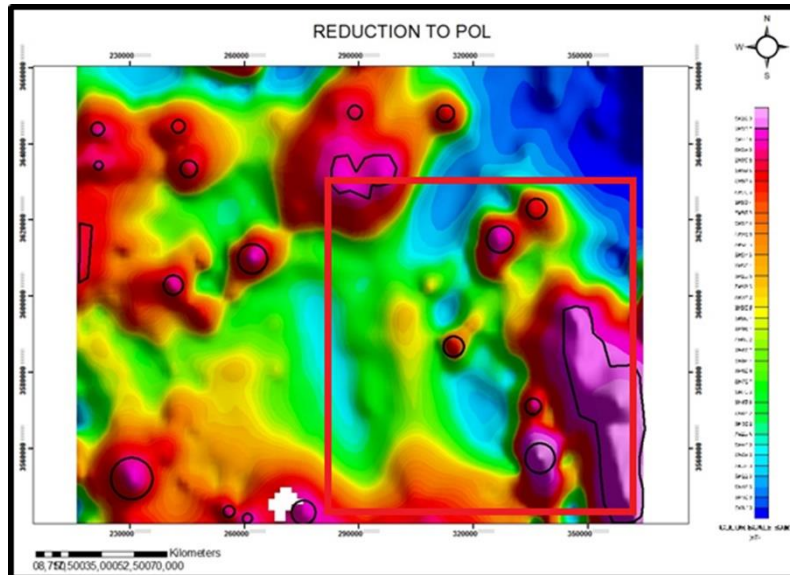
درآمدند. یکی از فیلترهای موثر مشتق اول در جهت قائم می‌باشد. نقشه مشتق اول در جهت قائم برای بررسی تغییرات (گرادیان) شدت میدان مغناطیسی در جهت‌های مختلف از مشتق‌گیری استفاده می‌شود. برای اینکه بی‌هنجاری‌های سطحی نسبت به بی‌هنجاری‌های عمیق‌تر تقویت شوند از یک فیلتر دیجیتال به نام مشتق اول در جهت قائم استفاده می‌شود که با اعمال این فیلتر بر روی نقشه برگردان به قطب، بی‌هنجاری‌های سطحی

نقشه ژئوفیزیک هوابرد

نقشه ژئوفیزیک هوابرد به منظور مشخص‌سازی توده‌های نفوذی نیمه عمیق و شکستگی‌های مغناطیسی برای طراحی شبکه نمونه‌برداری مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور این نقشه با نرم‌افزار Geosoft پردازش شده و با استفاده از فیلترهای مختلف توده‌های نفوذی نیمه عمیق به نقشه

مغناطیس‌سنجی کاربرد فراوانی دارد. از نقشه‌های مشتق در تعیین Shallow Magnetic body نیز استفاده می‌شود. این توده‌ها نمایانگر توده‌های نفوذی نیمه عمیق که در ارتباط مستقیم با کانی‌زایی‌های هیدروترمالی هستند می‌باشند. نتایج حاصل از آن در شکل (۶) نشان داده شده است.

نمود بیشتری پیدا می‌کند. بدین وسیله می‌توان رفتار این توده‌های مغناطیسی را در سطح بهتر مورد بررسی قرار داد. یکی از کاربردهای مهم نقشه مشتق اول قائم پیدا کردن خطواره‌های مغناطیسی و تعیین دقیق مرز بین واحدهای لیتولوژی است که برای تعیین این خطواره‌ها در تفسیر نهایی از این نقشه استفاده می‌شود (حسنی پاک، ۱۳۹۳). نقشه‌های مشتق قائم از این جهت که ناهنجاری‌هایی که در ارتباط با توده‌های نزدیک به سطح می‌باشد را مشخص می‌کند در کارهای اکتشافی حائز اهمیت بوده و در روش

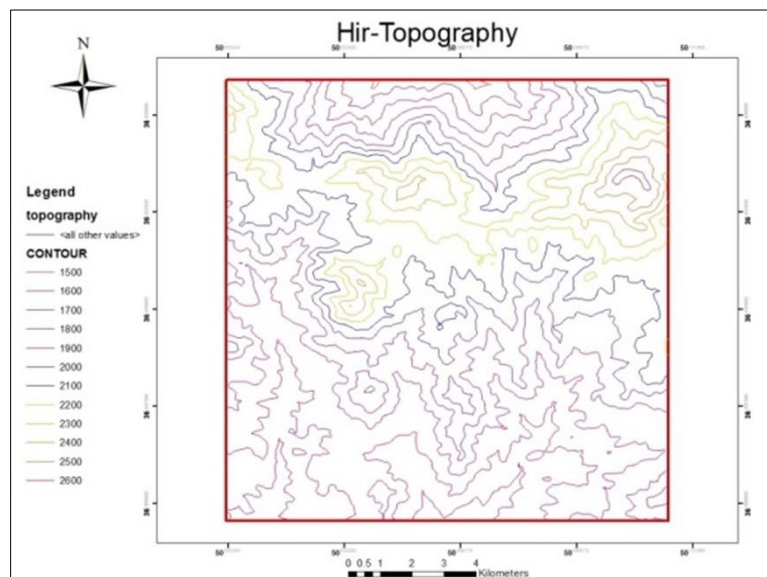


شکل (۶) فیلتر مشتق اول در جهت قائم

نمونه‌برداری و مناطق مناسب برای نمونه‌برداری را مشخص نمود. نقشه توپوگرافی محدوده مورد مطالعه از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تهیه و پس از رقومی شدن آماده پردازش شد که در شکل (۷) مشاهده می‌شود.

نقشه توپوگرافی

یکی از مهم‌ترین عوامل در طراحی شبکه نمونه‌برداری در منطقه نقشه مدل ارتفاعی می‌باشد. بررسی این نقشه از این جهت قابل توجه است که با استفاده از آن می‌توان شیب یک حوضه آبریز را تعیین نموده و چگالی شبکه

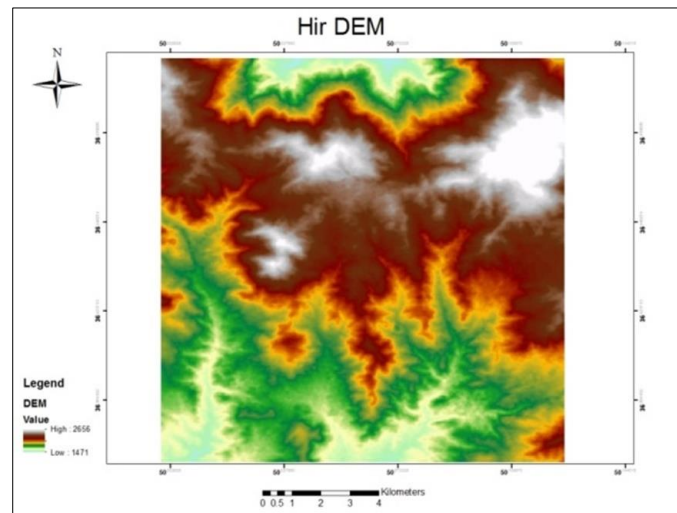


شکل (۷) نقشه توپوگرافی محدوده

تصویر ماهواره‌ای مدل رقومی ارتفاعی (DEM)

می‌باشد. برای دستیابی به این هدف تصویر مدل ارتفاعی رقومی (DEM) از ماهواره Aster محدوده مورد مطالعه تهیه شد. که در شکل (۸) مشاهده می‌شود.

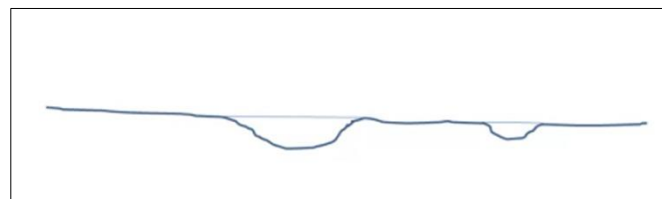
یکی از بهترین و مهم‌ترین ابزار برای بررسی و طراحی شبکه نمونه‌برداری رسوبات آبراهه‌ای استفاده از تصویر ماهواره‌ای مدل رقومی ارتفاعی به منظور به نقشه درآوردن شبکه آبراهه‌ای و حوضه آبریز یک منطقه



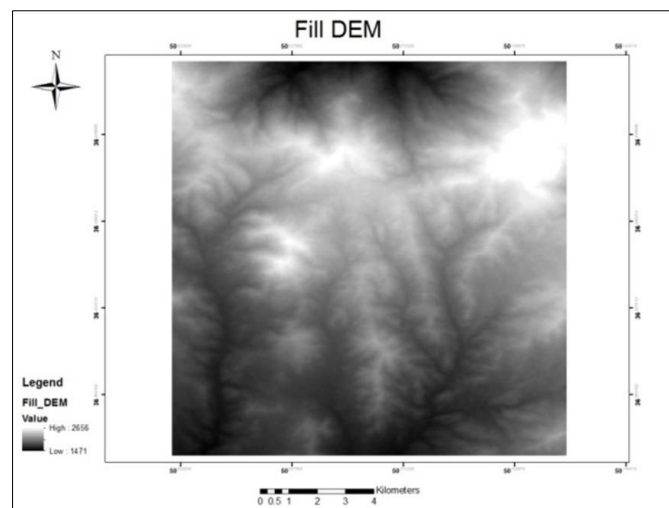
شکل (۸) تصویر ماهواره‌ای مدل رقومی ارتفاعی محدوده (DEM)

را بررسی و آنها را مشخص می‌کند. این ابزار به منظور ترسیم شبکه آبراهه‌ای بسیار مناسب بوده ولی برای بررسی‌های توپوگرافی مناسب نمی‌باشد شکل (۹).

پس از تهیه تصویر ماهواره‌ای DEM تصحیحات لازم از جمله تصحیحات جغرافیایی و هندسی بر روی آن صورت گرفت سپس این تصویر در محیط سیستم مختصات جغرافیایی (GIS) زمین مرجع شده و با استفاده از ابزارهای مختلف از جمله ابزار آب‌شناسی تحلیل شد. اولین گام استفاده از ابزار Fill است. این ابزار گودشدگی و فرورفتگی‌های موجود در تصویر DEM



شکل (۹) تئوری ابزار Fill برای ترسیم شبکه آبراهه‌ای

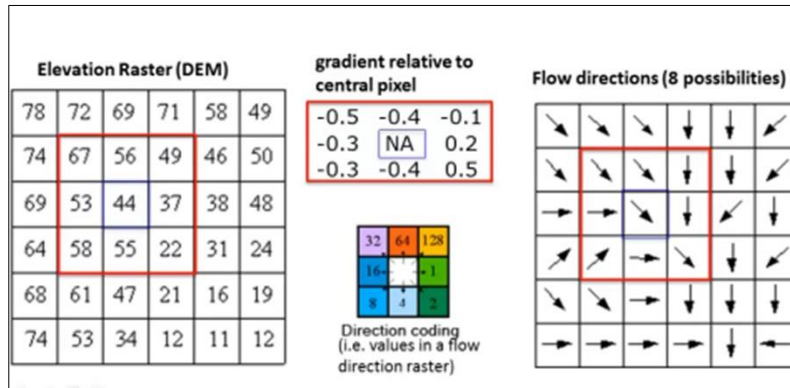


شکل (۱۰) ابزار Fill بر روی تصویر رقومی ارتفاعی

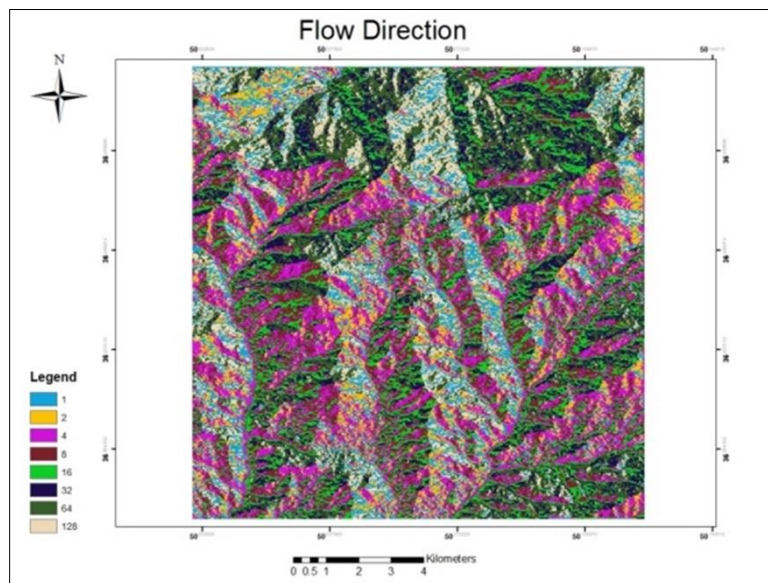
تصویر DEM پیدا کرده و مشخص می‌سازد شکل (۱۱). این ابزار گردابیان مشخصی را با توجه به پیکسل مدنظر در آنها تاثیر داده و جهت جریان را با توجه به ارزش رقومی پیکسل‌ها به خوبی در شکل (۱۲) مشخص شده است.

از شکل (۱۰) ملاحظه می‌شود که با استفاده از ابزار Fill بر روی مدل رقومی ارتفاعی، گودشدگی‌ها و فرورفتگی‌های مربوط به آبراهه‌ها بخوبی تعیین شده‌اند.

گام بعدی استفاده از ابزار "Flow Direction" یا جهت‌دهی جریان می‌باشد. این ابزار با توجه به ابزار قبلی، جهت جریان‌ها را از روی



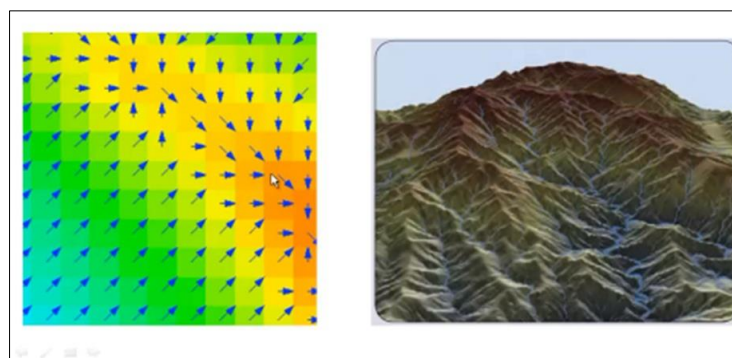
شکل (۱۱) تئوری ابزار Flow Direction



شکل (۱۲) جهت‌دهی جریان با ابزار Flow Direction

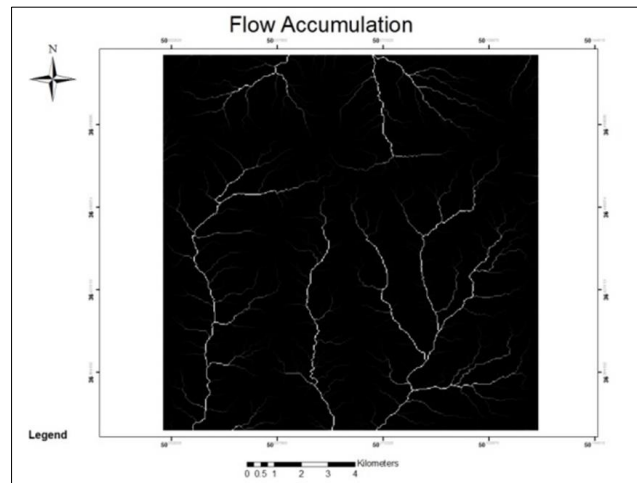
تعریف بهتر جهت‌دهی که هر پیکسل به آن سمت جریان دارد را مشخص می‌سازد. تئوری این روش در شکل (۱۳) مشخص شده است.

پس از مشخص‌سازی جهت جریان‌ها در پیکسل‌های تصویر رقومی ارتفاعی با استفاده از ابزار Flow Accumulation، انباشتگی جریان‌ها و یا به



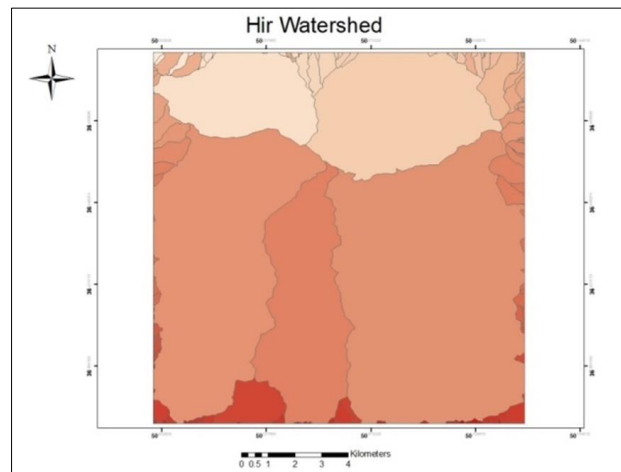
شکل (۱۳) جهت‌دهی به پیکسل‌ها با ابزار Flow Accumulation

از شکل (۱۴) مشاهده می‌شود ابزار Flow Accumulation بخوبی پیکسل‌های تصویر ماهواره‌ای مدل رقومی ارتفاعی را با توجه به جهت جریان آنها بررسی کرده و جریان آبراهه‌ها و حوضه‌های آبریز را مشخص می‌نماید.

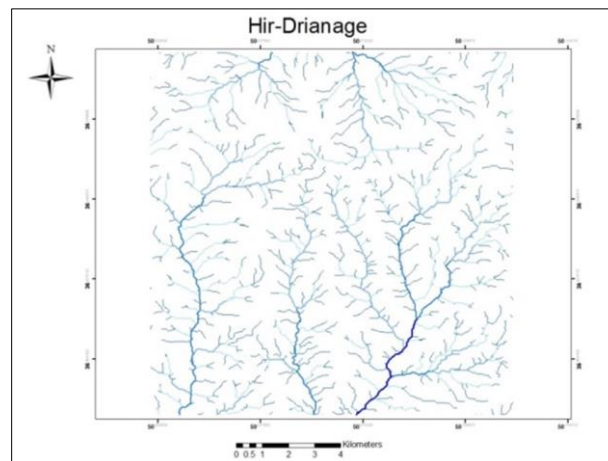


شکل (۱۴) جریان آبراهه‌ها با استفاده از ابزار Flow Accumulation

با داشتن جهت جریان در محدوده و با استفاده از ابزارهای مختلف هیدرولوژی در نرم‌افزار GIS حوضه زهکشی و نقشه شبکه آبراهه‌ای محدوده مدنظر حاصل می‌شود. مشاهده می‌شود نقشه شبکه آبراهه‌ای و حوضه آبریز محدوده با استفاده از ابزارهای نرم‌افزار GIS و بررسی تصویر مدل رقومی ارتفاعی به دست آمد شکل (۱۵) و شکل (۱۶).



شکل (۱۵) حوضه آبریز محدوده با استفاده از DEM

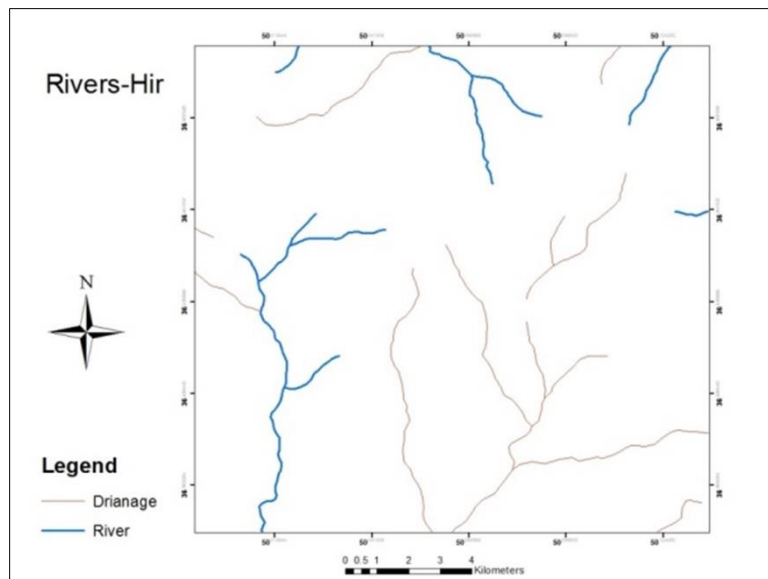


شکل (۱۶) شبکه آبراهه با استفاده از DEM

نقشه رودخانه‌ها

مختلف تهیه و پس از رقومی شدن و پردازش به عنوان لایه اطلاعاتی برای تهیه شبکه نمونه‌برداری مورد استفاده قرار گرفتند. شکل (۱۷).

به منظور بررسی دقیق‌تر محدوده به منظور طراحی شبکه نمونه‌برداری نقشه رودخانه‌ها اعم از دائمی و فصلی و آبراهه‌ها از منابع و گزارش‌های

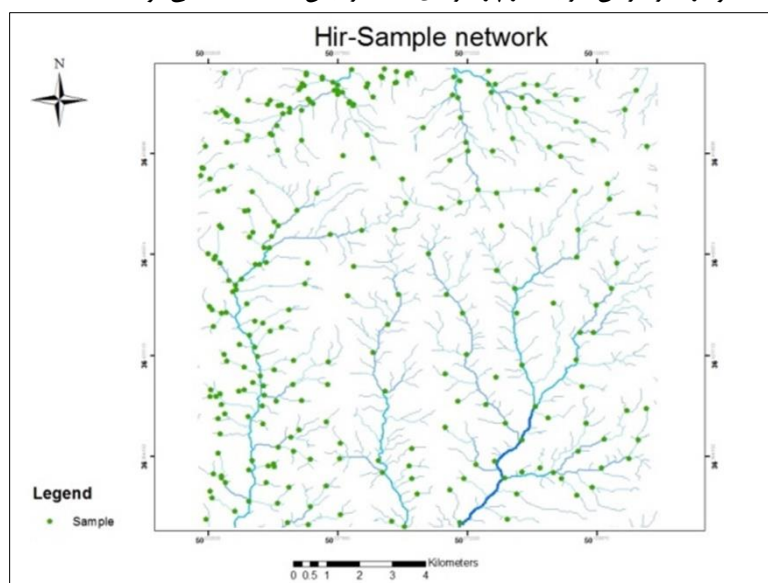


شکل (۱۷) نقشه آبراهه‌ها و رودخانه‌های محدوده

موثر حاصل شد شکل (۱۸). با توجه به این نقشه تعداد ۲۶۲ نمونه آبراهه‌ای که حداکثر سازگاری را با همبندی‌های مدنظر نظیر واحدهای زمین‌شناسی، توده‌های نفوذی، شبکه آبراهه‌ای و گسل‌ها) و حدود ۸۰ نمونه کانی سنگین برداشت شد. کانی سنگین به کلیه کانی‌هایی که داری وزن مخصوصی بالاتر از ۲.۳۳ gr/cm^3 می‌باشند اطلاق می‌گردد که از مطالعات کانی سنگین برای تشخیص و تعیین مقدار طلا در رسوبات آبرفتی و نمونه‌های سنگی خردایش شده استفاده می‌شود.

شبکه نمونه‌برداری

برای طراحی شبکه نمونه‌برداری به منظور اکتشافات ژئوشیمیایی از داده‌هایی مانند نقشه زمین‌شناسی، ژئوفیزیک هوابرد، شبکه آبراهه‌ای و حوضه زهکشی پردازش شدند. از داده‌های دیگری که در این بخش مورد استفاده قرار گرفتند می‌توان به نقشه گسل‌ها و شکستگی‌ها و نقشه آلتراسیون‌ها اشاره نمود. در نهایت با تلفیق داده‌ها نقشه نمونه‌برداری به منظور اکتشافات ژئوشیمیایی با تلفیق لایه‌های مختلف و در نظر گرفتن هر یک از پارامترهای

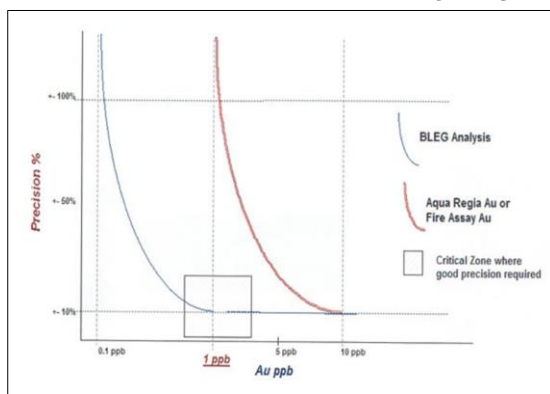


شکل (۱۸) شبکه نمونه‌برداری محدوده مدنظر

نمونه برداری

از طریق شماره نمونه ژئوشیمیایی در همان محدوده معرفی می‌شوند. معمولاً روش BLEG برای شناسایی حوضه‌های آبریز دارای مقادیر غیر عادی از طلا و پیگیری سریع منشاء آن در مناطق فاقد داده‌های اکتشافی استفاده می‌شود (حسینی پاک، ۱۳۹۵). در این روش از محلول‌های قلیایی سیانور جهت استحصال طلا از نمونه‌های برداشت شده از آبراهه استفاده می‌شود به این دلیل که محلول‌های قلیایی سیانور غلظت بسیار پایینی دارند، می‌توان حجم زیادی از نمونه (حداکثر ۲٫۵ کیلوگرم) را مورد آنالیز قرار داد. این حجم بالای نمونه باعث کاهش موثر خطاهای ناشی از عدم همگنی نمونه می‌شود. طلا در واکنش با محلول قلیایی سیانور حل شده و با تشکیل کمپلکس‌های سیانوری از نمونه جدا و مورد آنالیز قرار می‌گیرد. حجم بالای نمونه و روش موثر جدایش طلا در روش BLEG موجب حساسیت فوق‌العاده بالای این روش تا ۰٫۱ ppb شده است (شکل ۱۹).

هر نمونه کانی سنگین از چند محل که احتمال تمرکز کانی سنگین در آن بیشتر بود برداشت شده است در چنین مکان‌هایی ذرات شن و ماسه بیشتر حضور دارند. در مناطقی که نسبتاً مرتفع و برف‌گیر و در نتیجه فرسایش شیمیایی شدیدتر بوده است پیدایش چنین محل‌هایی مشکل می‌باشد و در نتیجه نمونه‌های کانی سنگین با وزن بیشتر از بخش ماسه‌ای - سیلتی - رسی برداشت می‌گردد. معمولاً برداشت نمونه‌های کانی سنگین آن مقدار از رسوب رودخانه که لازم است برداشت شود، تا پس از الک کردن حدود ۴ لیتر از جزء ۲۰- تا ۸۰+ مش حاصل گردد، برداشت می‌شود و در محل الک می‌گردد. مقدار هر یک از کانی‌های سنگین بر حسب ppm تعیین می‌گردد. بدیهی است اعداد حاصله معرف ppm در محیط آبراهه‌ای آنها نیست زیرا نمونه‌ها قبلاً الک شده‌اند و جزء درشت‌دانه حذف شده است البته می‌توان گفت که مقادیر در محیط آنها باید قطعاً کمتر از مقادیر حاصله باشد. لازم به ذکر است محدوده‌هایی که برای برداشت نمونه کانی سنگین انتخاب گردیده



شکل (۱۹) مقایسه دقت اندازه‌گیری روش BLEG با سایر روش‌های معمول

نمودن، حذف مواد آلی، پودر کردن و موارد دیگر انجام و پس از نگهداری نیمی از نمونه به عنوان شاهد مابقی آن جهت آنالیز ارسال گردید. کلیه نمونه‌ها پس از آماده‌سازی برای ۴۴ عنصر مورد آنالیز قرار گرفتند. روش اندازه‌گیری برای همه عناصر به جز طلا با استفاده از دستگاه ICP-MS صورت گرفت و برای آنالیز عنصر طلا از روش معمول FIRE ASSAY استفاده گردید.

آنالیز نمونه‌های ژئوشیمی

در نمونه‌برداری از رسوبات آبراهه‌ای که عمدتاً دارای اجزاء آواری می‌باشند، الک کردن رسوبات و برداشت اجزایی در اندازه مناسب امری ضروری است. معمولاً این اندازه بر اساس تجربه در کارهای ژئوشیمیایی انجام پذیرفته یا در حال انجام کشور ۱۰۰ مش در نظر گرفته می‌شود. پس از انتقال این نمونه‌ها به آزمایشگاه مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها شامل خشک

جدول (۲) حد حساسیت رعایت شده برای آنالیز عناصر

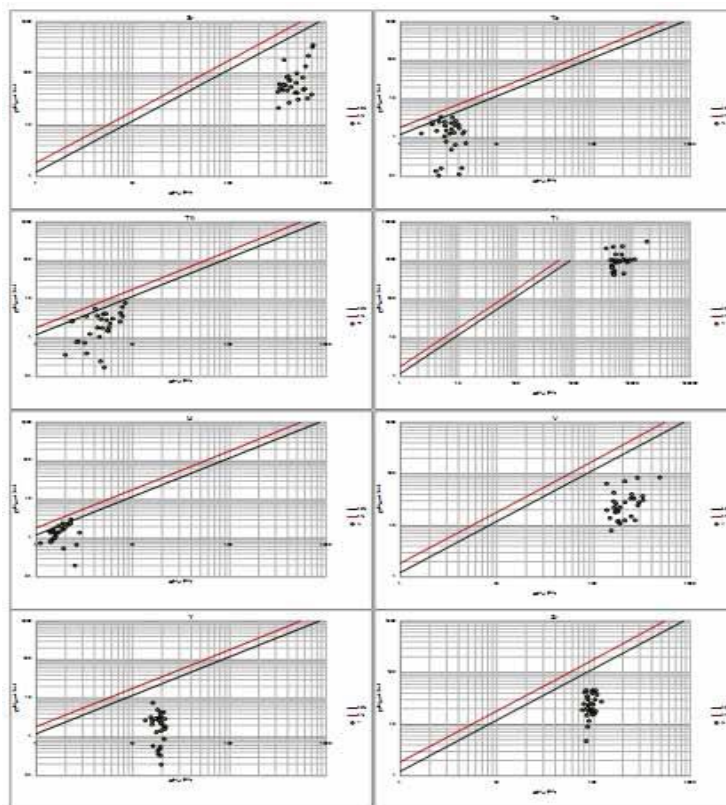
Element	Au	Ag	Al	As	B	Ba	Be
Detection Limit	۰٫۰۰۱-۱۰	۰٫۰۱-۱۰۰	۰٫۰۱-۱۵%	۰٫۱-۱۰۰۰۰	۱-۱۰۰۰۰	۱-۱۰۰۰۰	۰٫۰۵-۱۰۰
Element	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs
Detection Limit	۰٫۰۱-۱۰۰۰۰	۰٫۰۱-۱۵%	۰٫۰۱-۵۰۰	۰٫۰۲-۵۰۰	۰٫۱-۱۰۰۰۰	۱-۱۰۰۰۰	۰٫۰۵-۵۰۰
Element	Cu	Fe	Ga	Ge	Hf	Hg	In
Detection Limit	۰٫۲-۱۰۰۰۰	۰٫۰۱-۱۵%	۰٫۰۵-۱۰۰۰۰	۰٫۰۵-۵۰۰	۰٫۰۲-۵۰۰	۰٫۰۱-۱۰۰۰۰	۰٫۰۰۵-۵۰۰
Element	K	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na
Detection Limit	۰٫۰۱-۱۰%	۰٫۲-۱۰۰۰۰	۰٫۱-۵۰۰	۰٫۰۱-۱۵%	۵-۱۰۰۰۰	۰٫۰۵-۱۰۰۰۰	۰٫۰۱-۱۰%
Element	Nb	Ni	P	Pb	Rb	Re	S
Detection Limit	۰٫۰۵-۵۰۰	۰٫۲-۱۰۰۰۰	۱-۱۰۰۰۰	۰٫۲-۱۰۰۰۰	۰٫۱-۵۰۰	۰٫۰۰۱-۵۰	۰٫۰۱-۱۰%
Element	Sb	Sc	Se	Sn	Sr	Ta	Te
Detection Limit	۰٫۰۵-۱۰۰۰۰	۰٫۱-۱۰۰۰۰	۰٫۲-۱۰۰۰	۰٫۲-۵۰۰	۰٫۲-۱۰۰۰۰	۰٫۰۱-۵۰۰	۰٫۰۱-۵۰۰
Element	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y
Detection Limit	۰٫۲-۵۰۰	۰٫۰۰۵-۱۰%	۰٫۰۲-۱۰۰۰۰	۰٫۰۵-۱۰۰۰۰	۱-۱۰۰۰۰	۰٫۰۵-۱۰۰۰۰	۰٫۰۵-۵۰۰
Element	Zn	Zr					
Detection Limit	۲-۱۰۰۰۰	۰٫۵-۵۰۰					

روش ترسیمی تامپسون - هوارث ۲۰۰۲

$$P_{95} = 2.772 \left(\frac{C_L}{3} + BC \right)$$

برای تعیین دقت آزمایشگاه تعداد ۳۰ عدد نمونه تکراری انتخاب شد. یکی از بهترین روش‌ها برای تعیین دقت اندازه‌گیری‌ها استفاده از روش ترسیمی تامپسون - هوارث می‌باشد. در روش ترسیمی دقت اندازه‌گیری‌های از طریق آنالیز جفت نمونه‌های تکراری بررسی می‌شود. دستگاه مختصات دو خط مایل و شناور نسبت به مقدار سنسورد دستگاه برای ۵۰ و ۹۵ درصد با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه و رسم می‌گردد (تامپسون - هوارث، ۲۰۰۲).

$$P_{50} = 0.954 \left(\frac{C_L}{3} + BC \right)$$

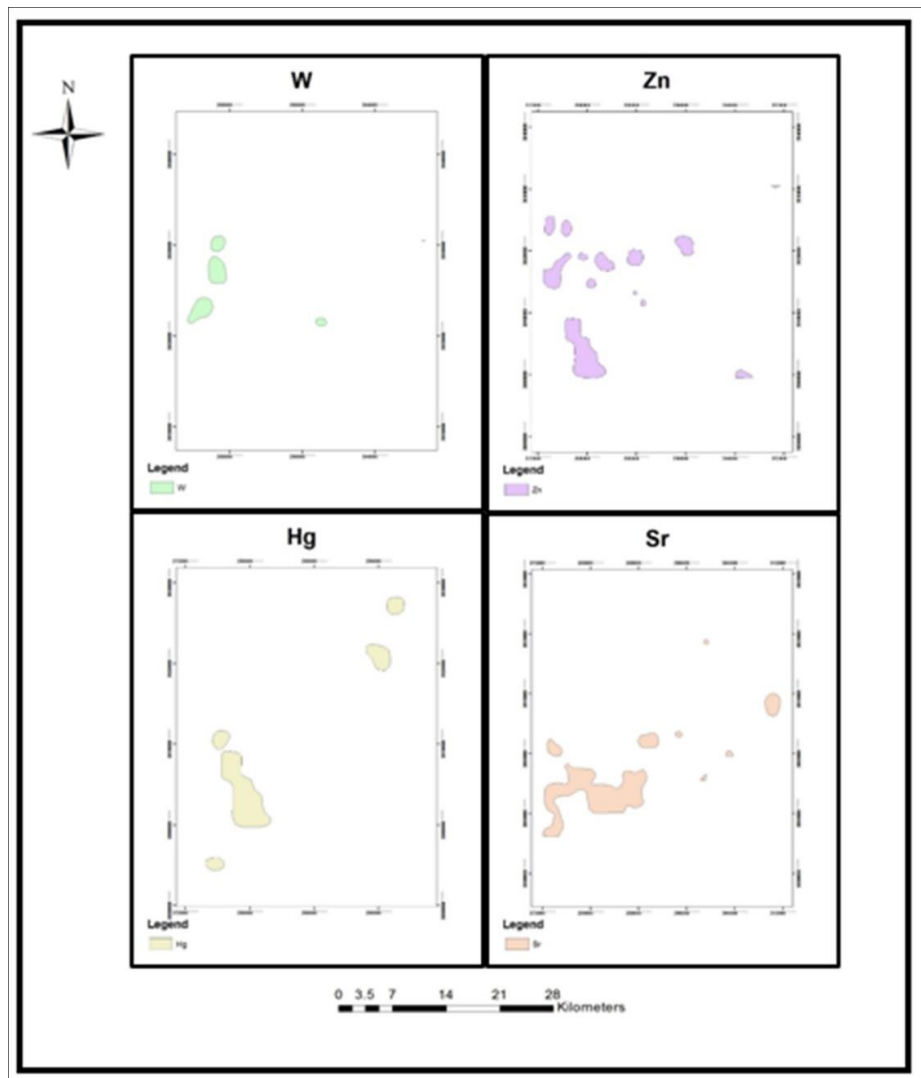


شکل (۲۰) نمودار لگاریتمی برخی از عناصر به روش ترسیمی تامپسون - هوارث

ژئوشیمیایی استفاده از روش آماری تک متغیره است. در این روش با تعیین مقادیر زمینه، حد آستانه‌ای، آنومالی عنصر مدنظر حاصل می‌شود. برای این کار ابتدا پارامترهای میانگین، میانه و انحراف معیار با نرم‌افزار اکسل محاسبه شده و با استفاده از مقادیری از انحراف استاندارد (حد آستانه‌ای به اضافه ضریبی از انحراف استاندارد) آنومالی رسم می‌شود. مقدار میانه به اضافه انحراف معیار را مقدار زمینه در محدوده، میانه به اضافه دو برابر انحراف معیار را حد آستانه‌ای و مقادیر بین میانه به اضافه دو برابر و سه برابر حد انحراف معیار به عنوان آنومالی احتمالی در نظر گرفته می‌شود. پس از محاسبه مقادیر فوق با در نظر گرفتن مقدار کلارک برای هر عنصر مقادیر کوچک‌تر حذف شده و نقشه آنومالی احتمالی ژئوشیمیایی رسم می‌شود شکل (۲۱).

تخمین داده‌های سنسورد

در تخمین داده‌های سنسورد در اینجا از یک روش جایگزینی ساده استفاده شده است. در این روش ساده مقادیر کمتر از حد حساسیت در مرز پایینی را با ۳,۴ آن جایگزین می‌کنیم. معمولاً اگر تعداد داده‌های سنسورد در مقابل کل داده‌ها ناچیز باشد (حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد) می‌توان از این روش استفاده کرد. عناصر Ag, B, Cd, Hg, Te با ۱۰۰ درصد داده سنسورد از جریان پردازش‌ها حذف شده‌اند. در مورد عنصر Au با ۳۱ درصد داده سنسورد در مراحل پردازشی با احتیاط رفتار خواهد شد. در مورد کلیه عناصر دارای داده سنسورد از ۳,۴ حد حساسیت آنها به عنوان مقدار جایگزینی استفاده شده است. یکی از روش‌های معمول در بررسی پراکندگی آنومالی



شکل (۲۱) نقشه آنومالی برخی عناصر به روش آماری تک متغیره

ضریب همبستگی

با توجه به منطقی‌ترین ضرایب نتایج زیر را می‌توان به شرح زیر بیان کرد.

۱- ضریب همبستگی متوسطی بین W و Mo دیده می‌شود.

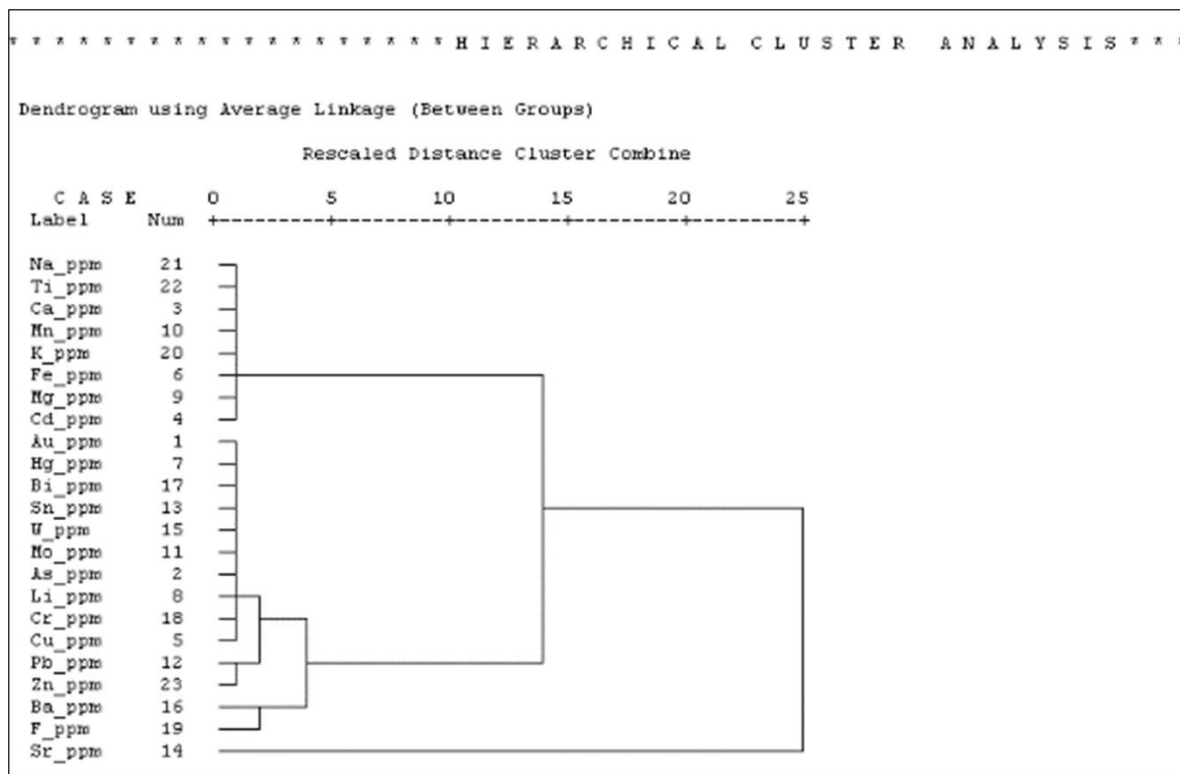
۲- همبستگی خوبی بین باریم و مس به چشم می‌خورد که در فرآیندهای هیدروترمالی طبیعی است. طلا همبستگی ضعیفی با سایر عناصر دارد و بیشترین همبستگی را با عناصر As و Cu و Sb از خود نشان می‌دهد.

۳- عنصر As دارای همبستگی‌های بالایی با عناصر Bi, Pb, Sb, Tl و W که حداکثر مقدار آن به میزان ۰.۶۷۲ با عنصر Sb رخ داده است. این

پاراژنز به عنوان ردیاب در منطقه کانی‌سازی‌های پلی‌متالیک Cu و Pb و Zn را همراهی می‌کند.

۴- عنصر Be درای همبستگی خوبی با Pb, Sb, Sn, Tl و W است و حداکثر میزان همبستگی Be در این گروه میزان ۰.۶۴۹ با عنصر W روی داده است. با توجه به بررسی‌های انجام شده در محدوده مورد بررسی عمده کانی‌سازی‌های منطقه از نوع رگه‌ای هیدروترمال است و این عناصر در این نوع کانی‌سازی‌ها همواره به شکل ردیاب و کمتر به صورت محصول فرعی حضور دارند.

۵- عنصر Cu همبستگی ضعیفی با Au و Zn و همبستگی‌های ضعیف‌تری با عناصر پاراژنز آهن یعنی Fe و Mn و Ni و V دارد این بدان معناست که کانی‌سازی‌های مس در منطقه رودبار به همراه کانی‌سازی‌های آهن روی داده است و این امر در منطقه قابل مشاهده است.



شکل (۲۲) نمودار آنالیز خوشه‌ای برخی از عناصر

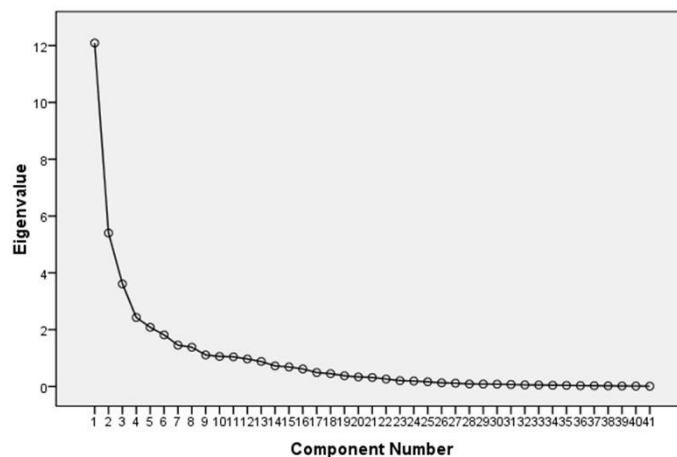
مقادیر خطای اندازه‌گیری شده برای تعدادی از عناصرها بخصوص طلا از مقدار ۱۰ درصد فراتر بوده است. اگر در تفسیر ساختار درختی داده‌ها موارد غیر عادی مشاهده گردیده به احتمال زیاد در ارتباط با خطایی است که در تجزیه نمونه‌ها اعمال شده است. با توجه به ساختار درختی داده‌ها متغیرهای ژئوشیمیایی به دو گروه تقسیم می‌شوند. دسته اول که با Fe شروع و به Au ختم می‌گردد خود دارای سه زیر گروه است که مجموعاً تمامی عناصر کانی‌ساز را شامل شده است. دسته دوم با As شروع و به S ختم می‌گردد و خود دارای دو زیر گروه است که مجموعاً عناصر ردیاب کانی‌سازی‌های منطقه را شامل شده است. در زیر گروه اول از دسته اول عناصر Cu و Fe و Sc و V قرار دارند که نشان از کانی‌سازی‌های مس در منطقه به همراه غنی‌شدگی‌های عناصر گروه آهن دارد. این امر در منطقه مورد مطالعه به دفعات مشاهده شده است. در زیر گروه دوم که به شکل بلافاصل با زیر گروه اول قرار دارد عناصر Co و Cr و Ni یعنی عناصر دیگر گروه آهن قرار دارند که همراهی کانی‌سازی‌های آهن در منطقه را با کانی‌سازی‌های اصلی نشان می‌دهد. در زیر گروه سوم کانی‌سازی اصلی منطقه یعنی عناصر Au و Mn و Pb و Zn قرار دارند که با زیر گروه‌های اول و دوم در ارتباط مستقیم بوده و همراهی آنها را با یکدیگر نشان می‌دهد. در دسته دوم تمامی عناصر ردیاب کانی‌سازی از جمله As و Ba و Be و Bi و Mo و S و Sb و Sn و Tl و W و قرار دارند که بعضاً مرتبط با توده نفوذی مولد کانی‌سازی در منطقه و بعضاً عناصر همراه کانی‌سازی هستند. این ارتباطات در تمامی آنالیزهای انجام شده آماری به منظور درک ارتباطات عناصر مختلف با اندکی تغییر قابل مشاهده هستند. در این دسته عناصر درجه حرارت پایین در یک زیر گروه As

و Tl، Sb، و عناصر درجه حرارت بالا مانند Bi و Mo و Sn و W در زیر گروه دوم قرار گرفته‌اند و تفکیک مناسبی را به نمایش گذاشته‌اند (شکل ۲۲).

آنالیز فاکتوری

به منظور استفاده از روش آنالیز عاملی از نرم‌افزار SPSS برای آنالیز عاملی در محدوده استفاده می‌شود. برای مشخص کردن درستی و تایید آنالیز فاکتوری ضریب KMO همراه با آزمون مربع کای محاسبه شده است. یکی از اعداد گزارش شده در هنگام پردازش فاکتوری KMO است که مقدار آن برای داده‌های محدوده مورد بررسی برابر با ۰.۸۰۹ بوده و بر اساس بازه‌های تعریفی این کمیت آنالیز فاکتوری را در رده بسیار مناسب قرار می‌دهد مقادیر Extraction تمامی عناصر به جز باریوم و سدیم قابل قبول هستند. در واقع این عناصر به دلیل اینکه مقدار Extraction آنها کمتر از ۶۰ درصد است، مقدار مشارکت کمی در آنالیز عاملی دارند به همین دلیل لزوم انجام دوباره آنالیز عاملی بدون در نظر گرفتن این متغیرها بخوبی احساس می‌شود. یکی دیگر از خروجی‌های آنالیز عاملی نمودار صخره‌ای است. این نمودار در جهت تعیین تعداد مولفه‌های اصلی کمک شایانی به تحلیل‌گر می‌کند. این نمودار شماره مولفه اصلی (محور افقی) را در برابر مقدار ویژه (محور عمودی) ترسیم می‌کند. نقطه‌ای که در آن نمودار افت محسوسی دارد همان تعداد مولفه‌های مورد نیاز خواهد بود. نمودار تولید شده در این قسمت بوضوح نشان می‌دهد که تعداد مولفه‌های اصلی مورد نیاز ۵ مولفه است (شکل ۲۳).

Scree Plot



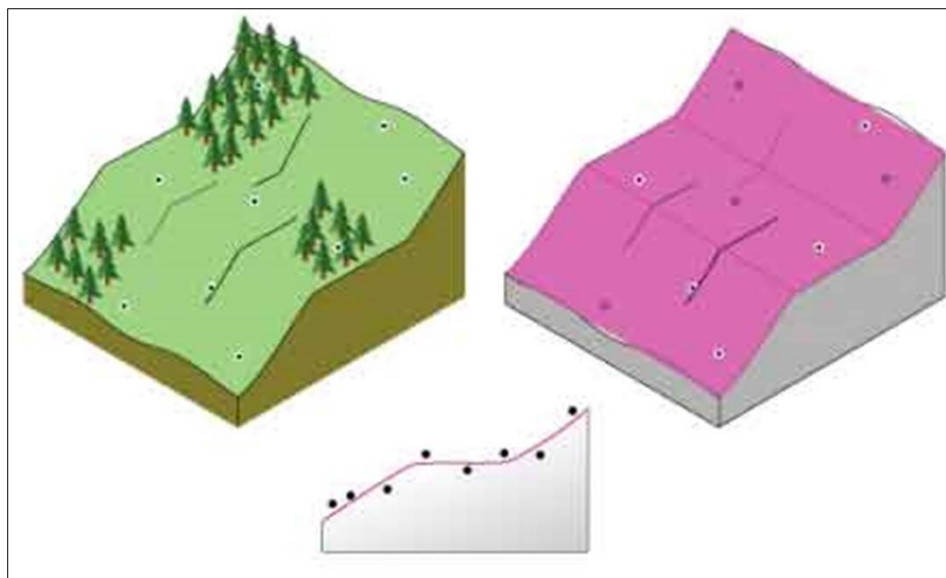
شکل (۲۳) نمودار روش آنالیز فاکتوری جهت تعیین مولفه‌های اصلی

یک در همسایگی‌های همپوشانی مشخص قرار دارند به داده‌ها برازش می‌کند شعاع جستجو می‌تواند انتخاب گردد. شکل، حداکثر و حداقل نقاط مورد استفاده و وضعیت قطاع می‌تواند تعریف شود همچنین می‌توان پهنای همسایگی را در محل تقاطع با یک پارامتر توان که بر اساس فاصله بوده و وزن نمونه‌برداری را در همسایگی کاهش می‌دهد، تعریف نمود. در این روش صفحاتی ایجاد می‌شوند که بیشترین تغییرات محلی را مدنظر قرار می‌دهند

شکل (۲۴).

تخمین داده‌ها به روش درون‌یابی چند جمله‌ای محلی

فرض کنید مقادیر داده‌ها با شیب معینی به جهت مقادیر بالا یا مقادیر پایین در تغییر باشد و ناگهان در این اثنا در فاصله‌ای داده‌ها بدون تغییر بماند. برازش یک صفحه صاف به این داده‌ها باعث تخمین‌های ضعیف خواهد شد. حال اگر ما اجازه داشته باشیم تا صفحات کوچک‌تری را که همپوشانی هم دارند به داده‌ها برازش نماییم طبعاً مقادیر تخمینی برای هر محل از نقطه مورد مطالعه قابل انعطاف‌تر و دقیق‌تر خواهد بود. این مفهوم اساس روش درون‌یابی چند جمله‌ای محلی است. این روش چندین چند جمله‌ای را که هر

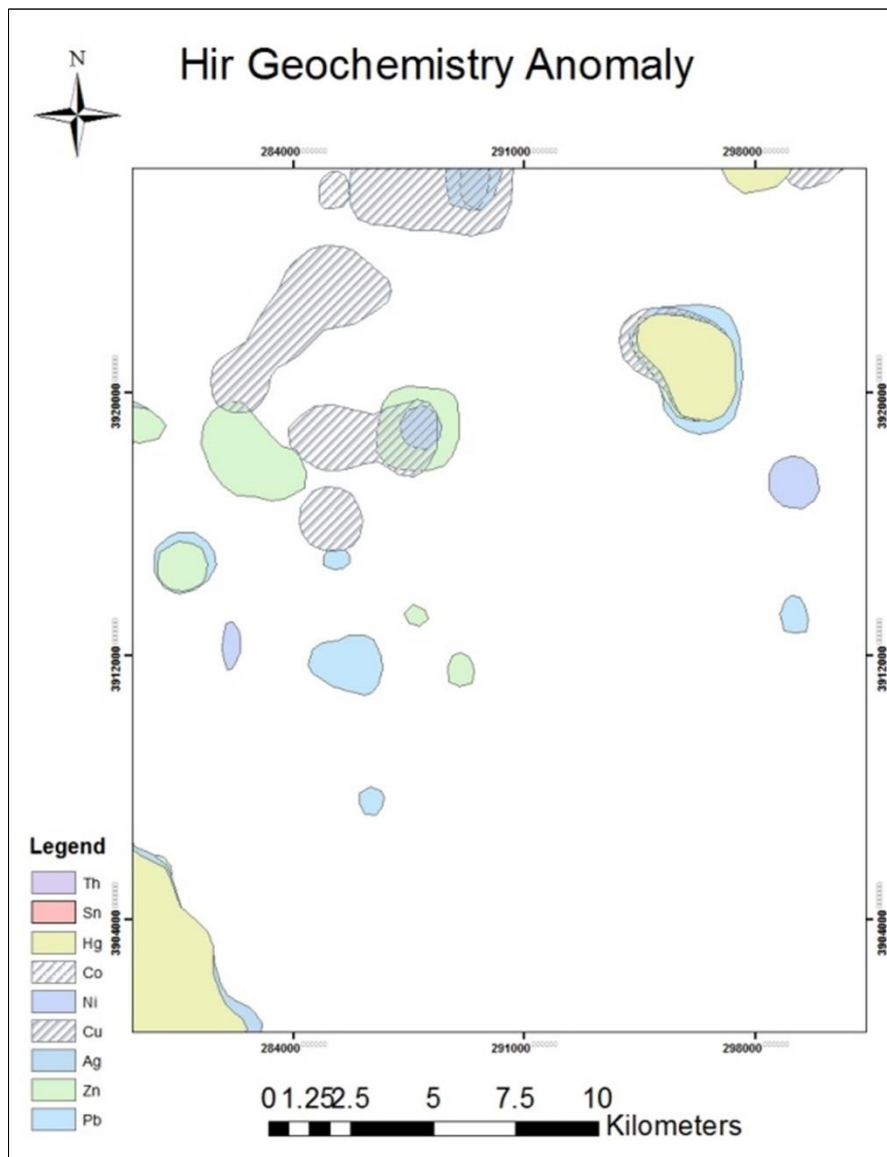


شکل (۲۴) روش درون‌یابی

ترسیم نقشه تخمینی

نقشه نهایی ژئوشیمیایی تهیه شد. پس از انجام مطالعات چهار محدوده که دارای آنومالی و پتانسیل مناسب هستند معرفی می‌شوند که در ادامه به ارزیابی و بررسی محدوده‌هایی که به عنوان مناطق مستعد معرفی شده است پرداخته می‌شوند.

نقشه نهایی ژئوشیمیایی محدوده هیر با استفاده از نرم‌افزار Arcmap تهیه و حاصل شد. این نقشه دارای آنومالی مشخص و معین جهت ادامه مطالعات به جهت پتانسیل‌یابی و معرفی مناطق امیدبخش است. با توجه به نمونه‌برداری و بررسی‌های آماری مختلف بر روی داده‌های ژئوشیمیایی نقشه

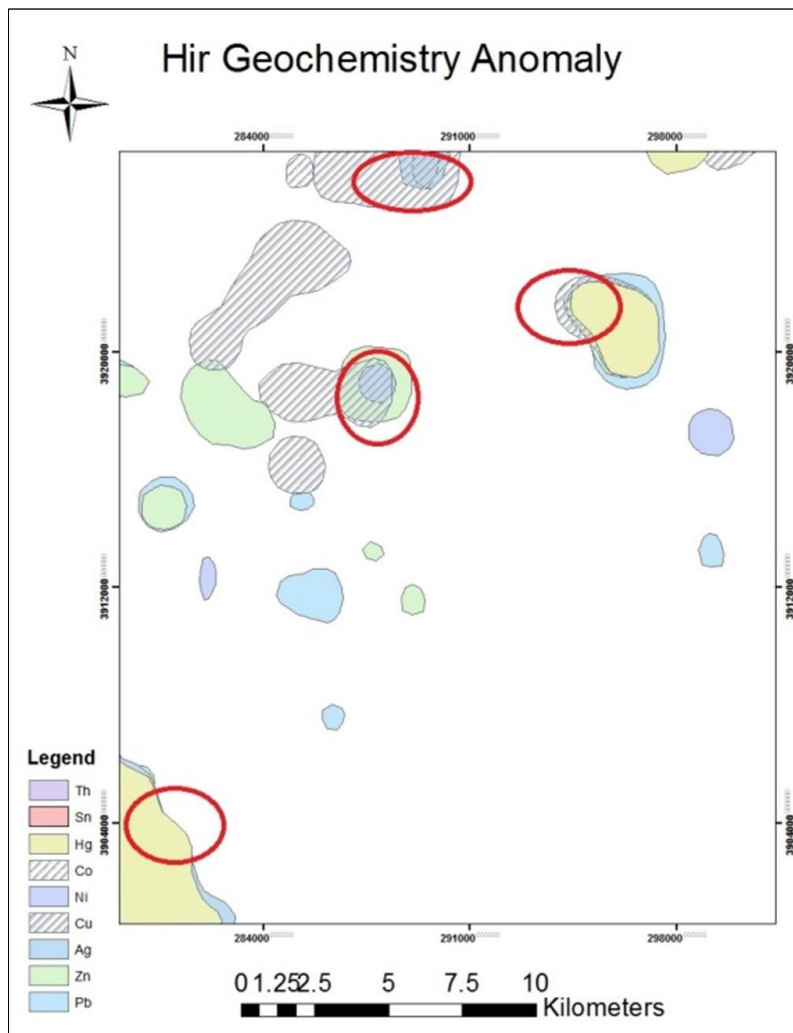


شکل (۲۵) نقشه پراکندگی عناصر مهم

دگرسانی‌ها

بیسموت، روی، کادمیم، مس و منگنز قابل توجه است. آلتراسیون غالب در این محدوده از نوع آرژیلیکی، پروپلیتی و هماتیتی بوده و حضور این آلتراسیون‌ها و کانی‌هایی مانند پیریت، کالکوپیریت، مالاکیت و منگنز به عنوان شاهدهی مبنی بر حضور کانی‌سازی احتمالی طلا در محدوده و به خصوص در اطراف توده‌های نفوذی نیمه عمیق زردچال است (شکل ۲۵).

این محدوده در نزدیکی روستای زردچال قرار گرفته است و در جنوب غربی زردکوه می‌باشد. مساحت این محدوده در حدود ۶ کیلومتر مربع بوده و از نظر زمین‌شناسی در واحدهای پیروکلاستیک حدواسط به شکل آبرفت، آگلومرا، برش و توف قرار گرفته است. در این محدوده ۳۶ نمونه ژئوشیمیایی برداشت شده است که با بررسی آنها آنومالی عناصری مانند آهن، باریوم،



شکل (۲۶) محدوده‌های دارای آنومالی

سیاسگزاری

این پژوهش با حمایت سازمان نظام مهندسی معدن ایران و شرکت مهندسین مشاور ژئودالامپر میسر شده است که بدین ترتیب نویسندگان از حمایت آنان تشکر و سپاسگزاری می‌کنند.

نتیجه‌گیری

۱- برای تعیین دقت آزمایشگاه تعداد ۳۰ عدد نمونه تکراری انتخاب شد و از بهترین روش‌ها برای تعیین دقت اندازه‌گیری‌ها استفاده از روش ترسیمی تامپسون - هوارث می‌باشد. روش‌های آماری یک، دو و چند متغیره در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت و مشاهده شد بررسی و همپوشانی نتایج این روش‌ها دقت و صحت ارزیابی‌ها را افزایش می‌دهد.

۲- نتایج حاصل از اکتشافات ژئوشیمیایی در محدوده برگه ۱:۲۵,۰۰۰ هیر سبب شناسایی ۴ محدوده دارای آنومالی شد که در بین این محدوده‌ها تنها یک محدوده امیدبخش تشخیص داده شد. این محدوده در جنوب غربی منطقه مورد مطالعه بوده و بیشترین گسترش آنومالی‌ها در این منطقه مربوط به عناصر آهن، باریم، بیسموت، روی، کادمیوم، مس و منگنز می‌باشد که به عنوان ردیاب در اکتشاف ذخایر معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳- نمونه‌برداری به روش BLEG سال‌هاست در کشورهای معدنی دنیا بویژه در کشور استرالیا استفاده می‌شود و می‌تواند در اکتشاف و پی‌جویی طلا

جمع‌بندی آنالیزها

۱- نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای برای ۴۴ عنصر مورد آنالیز قرار گرفتند. روش اندازه‌گیری برای همه عناصر به جز طلا با استفاده از دستگاه ICP-MS دارای پاسخ مناسب بوده و برای آنالیز عنصر طلا از روش FIRE ASSAY استفاده شده است.

۲- پس از بررسی عناصر Ag, B, Cd, Hg, Te با ۱۰۰ درصد داده سنسورد از جریان پردازش‌ها حذف شده‌اند. در مورد عنصر Au با ۳۱ درصد داده سنسورد در مراحل پردازشی با احتیاط رفتار خواهد شد. در مورد کلیه عناصر دارای داده سنسورد از ۳,۴ حد حساسیت آنها به عنوان مقدار جایگزینی استفاده شده است.

۳- در بررسی روش ضریب همبستگی مشاهده شد که عنصر Be دارای همبستگی خوبی با Sn, Sb, Pb, Tl و W است و حداکثر میزان همبستگی Be در این گروه میزان ۰,۶۴۹ با عنصر W روی داده است. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در محدوده عمده کانی‌سازی‌های منطقه از نوع رگه‌ای هیدروترمال است و این عناصر در این نوع کانی‌سازی‌ها همواره به شکل ردیاب و کمتر به صورت محصول فرعی حضور دارند.

نمونه‌برداری‌های انجام شده در این محدوده می‌باشد. مزیت بزرگ BLEG در مقابل روش سنتی امکان شناسایی مقادیر اندک طلا در فواصل بسیار دور از مرکز کانی‌زایی است که این امر BLEG را به روشی بسیار سودمند و مهم در پروژه‌های اکتشاف ناحیه‌ای تبدیل نموده است.

در نواحی بزرگ با تمرکز نمونه‌برداری کم، بسیار کارساز و موثر باشد. می‌توان نتایج حاصل از نمونه‌گیری به روش BLEG در صورت دقت در برداشت و آنالیز نمونه‌ها اعتماد کامل داشت و بر اساس نتایج آن برنامه‌ریزی برای ادامه عملیات اکتشافی مراحل بعد را بدون نگرانی و ریسک بالا دنبال نمود. انطباق بیش از ۹۰ درصد نتایج نمونه‌های BLEG با نتایج نمونه‌های ژئوشیمیایی در محدوده هیر خود دلیل محکمی بر دقت بالای نتایج حاصل از

مراجع

- منتظری، علی، ۱۳۹۴، پتانسیل‌یابی عناصر فلزی با استفاده از نمونه‌برداری آبراهه‌ای به روش کانی سنگین در حوزه رودخانه سفیدرود و مناطق اطراف (استان گیلان)، نوزدهمین همایش سالانه انجمن زمین‌شناسی ایران و نهمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، تهران، دانشگاه پیام نور.
- سبحانی، میلاد؛ حسن برزگر و سید جواد مقدسی، ۱۳۹۴، ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای و کانی سنگین در ناحیه جنوبی گرانیوتوئید لاهیجان، نوزدهمین همایش سالانه انجمن زمین‌شناسی ایران و نهمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، تهران، دانشگاه پیام نور.
- نظری، ملیحه و هدیه رحیمی مقیم، ۱۳۹۴، اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای و کانی سنگین در برکه ۱:۱۰۰۰۰۰ دیواندره، نوزدهمین همایش سالانه انجمن زمین‌شناسی ایران و نهمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، تهران، دانشگاه پیام نور.
- حاتمی اسگوی، فریبا و فاضل خالقی، ۱۳۹۲، اکتشاف ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای در کانسار مولیدین پورفریری سیه کمر، غرب میانه، آذربایجان شرقی، اولین همایش زمین شیمی کاربردی ایران، دامغان، دانشگاه دامغان.
- برزگر، حسن؛ مسعود علی پوراصل و سکینه تیموری، ۱۳۹۱، بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی کانی‌های سنگین آبرفت‌های رودخانه لمیر در استان گیلان، ششمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، کرمان، دانشگاه پیام نور مرکز کرمان.
- لشگری، معصومه؛ علی اصغر کلاگری؛ قادر حسین زاده و احمد رواقی، ۱۳۹۱، اکتشافات ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای و کانی سنگین در جلده باخان آذربایجان شرقی، شانزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، شیراز، انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه شیراز.
- امرایی، سکینه؛ مسعود علی پور؛ محمد لطفی و حسن عزمی، ۱۳۹۱، تازه‌هایی از اکتشاف طلا و مس در جنوب بیرجند به روش ژئوشیمیایی با تمرکز بر مطالعات رسوب آبراهه‌ای و کانی سنگین، سی و یکمین همایش علوم زمین، تهران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- جعفرپور، قهرمان؛ مهرداد کریمی و سید حسین قطمیری، ۱۳۹۰، ارزیابی پتانسیل کانسارهای احتمالی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ فرشبند بر اساس داده‌های زمین شیمی و کانی سنگین، اولین همایش ملی زمین‌شناسی ایران، شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز.
- موسوی، راضیه؛ مهرداد کریمی؛ پدram عطارزاده و حسن کریمی، ۱۳۹۰، اکتشافات ژئوشیمیایی و مطالعه کانی سنگین رسوبات آبراهه‌ای در منطقه تنگ گورک - جنوب شرق شهرستان اقلید، پانزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، تهران، انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم.
- کریمی، پوران؛ محمد زیدی؛ ایرج رسا و مهدی مرادی، ۱۳۸۹، اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای و کانی سنگین طلا در کالیچار (نطنز، استان اصفهان)، نخستین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- خلیج، فاطمه؛ احمد کاظمی مهرنیا؛ احسان حاج ملاعلی و امیر محمد جمالی، ۱۳۸۹، انتخاب بهینه مناطق امیدبخش در ناحیه کهک با استفاده از تلفیق معیارهای اکتشافی ژئوشیمیایی و کانی سنگین در سیستم اطلاعات جغرافیایی، نخستین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- نبوی، م.، (۱۳۸۵)، زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- حسنی‌پاک، ع.، (۱۳۸۷)، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه تهران.
- حسنی‌پاک، ع.، (۱۳۹۰)، تحلیل داده‌های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران.
- پناهی، ب.، (۱۳۷۵) پترولوژی سنگ‌های آتشفشانی شرق قزوین؛ پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۷۱ص.

-Adabi, M. H. ۱۹۹۶- Sedimentology and geochemistry of carbonates form Iran and Tasmania, Ph.D.thesis (Unpublished). University of Tasamanian Australia. pp ۴۷۰

- Adabi, M. H., Salehi, M. A. & Ghabeishavi, A., ۲۰۱۰- Depositional environment, sequence stratigraphy and geochemistry of Lower Cretaceous carbonates (Fahliyan Formation), south- west Iran. Journal of Asian Earth Sciences, ۳۹,pp ۱۴۸- ۱۶۰

- Richoz,S., krystyn, L., Baud,A., Brandner,R., Horacek,M., Mohtat-Aghai, P., ۲۰۱۰. Permian-Triassic boundary interval in the Middle East(Iran and N. Oman): Progressive environmental change from detailed carbonate carbon isotope marine curve and sedimentary evolution. Journal of Asian Earth Sciences: (۳۹), pp.۲۳۶-۲۵۳