

## چکیده

براساس قرارداد انجام عملیات اکتشافات ژئوشیمیایی و کانی سنگین در محدوده مهاباد ۱ فی مابین سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور و مهندسین مشاور یاران معدن آرا در سال ۱۳۸۶ نسبت به اجرای پروژه اقدام به عمل آمد.

محدوده مورد مطالعه با وسعت ۱۵۴ کیلومتر مربع در استان آذربایجان غربی و در شمال غرب ایران واقع شده است. از نظر زمین شناسی مجموعه ای از آهک، ماسه سنگ و سیلت استون و ریولیت‌های مربوط به اینفراکامبرین بیشترین بخش را پوشش می دهند.

تعداد ۴۳۱ نمونه ژئوشیمی (به ازای هر کیلومتر مربع ۲/۷ نمونه) و تعداد ۱۹۶ نمونه کانی سنگین (به ازای هر کیلومتر مربع ۱/۲ نمونه) و ۳۰ عدد نمونه تکراری مورد تجزیه شیمیائی به روش ICP، قرار گرفتند. پس از آنالیز نمونه های ژئوشیمی خطای دستگاه آنالیز کننده محاسبه و سپس پردازش داده ها با روشهای آماری تک متغیره و چند متغیره انجام شد. پردازش داده های ژئوشیمی و تلفیق آن با نتایج کانی سنگین سبب معرفی چند محدوده امید بخش شده است. بیشترین محدوده که در شمال شرق و جنوب غرب قرار دارند کنترل صحرایی شدند و از رخنمونهای سنگی که احتمال کانی سازی داشته اند تعداد ۳۰ نمونه سنگی برداشت شد. نهایتاً پس از ارزیابی محدوده های امید بخش، مشخص شد که محدود مهاباد ۱ فاقد کانی سازی با ارزش فلزی است.

## فصل اول:

### کلیات

#### ۱-۱- مقدمه

انجام مطالعات اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه ای در مقیاس ۱/۱۰۰،۰۰۰ در کشورمان توانسته به معرفی محدوده های امید بخش معدنی برای انجام مراحل اکتشافی تکمیلی بپردازد.

اکتشافات معدنی در استان آذربایجان غربی از سالها پیش با اکتشافات سیستماتیک ژئوشیمیایی ۱/۱۰۰،۰۰۰ شروع و متعاقب آن با اکتشافات موضوعی مخصوصا اکتشاف عناصر فلزی با ارزش پیگیری شده است. طرح انجام اکتشافات ژئوشیمیایی ۱/۲۵،۰۰۰ در محدوده جنوب شرق شهرستان مهاباد واقع در ورقه ۱/۱۰۰،۰۰۰ مهاباد یکی از طرحهای مطالعاتی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور است که اجرای آن طی یک قرارداد به شرکت مهندسی مشاور یاران معدن آرا واگذار گردید.

این مطالعات شامل بررسیهای نیمه تفصیلی ژئوشیمیایی با برداشت نمونه های رسوب آبراهه ای، کانیهای سنگین و برداشت نمونه های مینرالیزه، بر اساس شرح خدمات تهیه نقشه های ژئوشیمیایی محدوده های ۱/۲۵۰۰۰ در منطقه ای به وسعت ۱۵۴ کیلومتر مربع می باشد.

#### ۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی

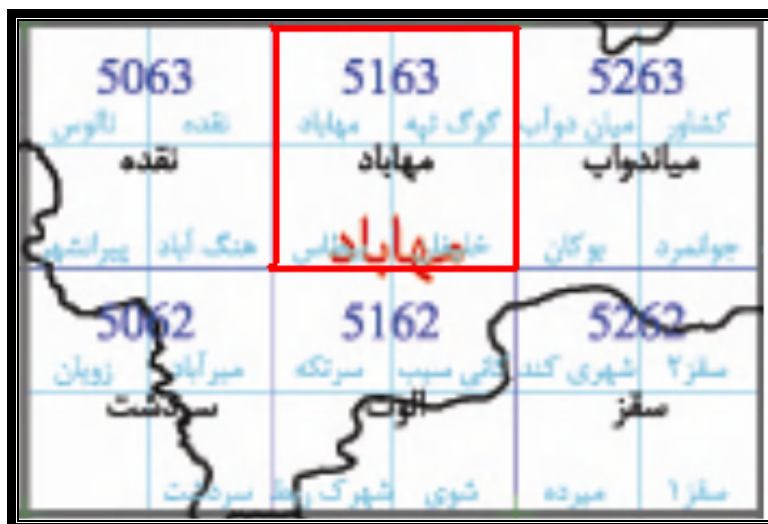
محدوده مورد بررسی در شمال غرب ایران، جنوب استان آذربایجان غربی و جنوب- جنوب شرق شهرستان مهاباد، در ۳۵ کیلومتری شرق شهر مهاباد و ۸ کیلومتری جنوب و جنوب غرب روستای گوگ تپه قرار گرفته است (شکل ۱-۱). راههای دسترسی به منطقه مورد نظر از میاندوآب - مهاباد و یا از طریق ارومیه - نقه - مهاباد میباشد. (شکل ۱-۱)

محدوده مورد نظر دارای مختصات  $45^{\circ} 56' 12''$  و  $45^{\circ} 44' 40''$  طول جغرافیایی و  $36^{\circ} 50' 11''$  و  $36^{\circ} 44' 21''$  عرض جغرافیایی با مساحت کل ۱۵۴ کیلومتر مربع می باشد که در چهار گوش ۱:۲۵۰۰۰۰ و ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ مهاباد و دو برگه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰۰ گوگ تپه و خلیفان قرار می گیرد. (شکل ۱-۲).

شهرستان مهاباد یکی از شهرهای کردنشین استان آذربایجان غربی است. زبان گفتاری مردم آن کردی سورانی با لهجه مکرانی می باشد.



شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به محدوده مورد نظر



شکل ۱-۲: موقعیت ورقه مهاباد نسبت به ورقه های دیگر استان آذربایجان غربی

### ۳-۱- ژئومورفولوژی منطقه

به لحاظ تقسیمات ژئومورفولوژیکی و توپوگرافی، این منطقه در بین توپوگرافی تپه ماهوری تا کوهستانی قرار گرفته است. اما اکثراً در وسعت زیادی از این محدوده، توپوگرافی تپه ماهوری غالب است و توپوگرافی کوهستانی در قسمتهای کمی از آن قابل مشاهده می باشد. حداکثر توپوگرافی خشن و کوهستانی در برکه خلیفان دیده می شود، اما در قسمتهای جنوبی و غربی برکه گوگ تپه نیز این نوع توپوگرافی قابل مشاهده است. در قسمتهایی که توپوگرافی پست و ملایم است و اکثراً حالت تپه ماهوری دارد، اراضی کشاورزی پیشرفت فوق العاده ای داشته اند و بر اثر فعالیت های مختلف کشاورزی شکل و حالت توپوگرافی کاملاً عوض شده و شکل اولیه و طبیعی خود را از دست داده است که این خود مشکلات بسیار فراوانی را برای نمونه برداری ایجاد نمود (شکل ۳-۱).

از نظر آب و هوایی نیز این منطقه دارای آب و هوای سرد و کوهستانی می باشد، بطوریکه دمای آن در زمستان به ۲۵- درجه سانتیگراد و در تابستان به ۳۵ درجه می رسد. بطور کلی این منطقه دارای زمستان های سرد و طولانی و تابستان های معتدل می باشد.



شکل ۳-۱: نمایی از بهم خوردگی توپوگرافی توسط فعالیتهای کشاورزی در محدوده

#### ۱-۴- اهداف پروژه و روش کار

منطقه مورد مطالعه به عنوان بخش کوچکی از زون سنندج - سیرجان از جمله نواحی معرفی شده برای مطالعات اکتشافی است که با توجه به مطالعات قبلی و شرایط زمین شناسی منطقه برای اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک ۱/۲۵۰۰۰ بیشتر با هدف اکتشاف عناصر طلا و دیگر عناصر فلزی با ارزش چون سرب و روی در نظر گرفته شده است.

از مهمترین هدفهای پروژه رسم نقشه توزیع ژئوشیمیایی عناصر مختلف، بررسی ناهنجاریهای عنصری مخصوصاً عنصر طلا و عناصر پاراژنز آن، ارتباط ناهنجاریهای ژئوشیمیایی و کانی سنگین با زونهای دگرسانی و کانی سازی و به طور کلی بررسی وضعیت کانی سازی احتمالی در منطقه می باشد که در نهایت به معرفی نواحی پتانسیل دار معدنی برای اکتشافات تفصیلی تر منجر خواهد شد.

روش کار بر اساس شرح خدمات تهیه نقشه های ژئوشیمیایی محدوده های ۱/۲۵۰۰۰ شامل برداشت نمونه های رسوب آبراهه ای و آنالیز آنها، مطالعات کانیهای سنگین، برداشت و آنالیز نمونه های مینرالیزه، داده پردازی آماری، رسم نقشه های ژئوشیمیایی تک عنصری و چند عنصری و نقشه ناهنجاریهای کانی سنگین، معرفی مناطق امید بخش و ... می باشد.

#### ۱-۵- مطالعات انجام شده پیشین

- گزارش اکتشافات سیستماتیک ناحیه ایی و شناسایی نواحی امید بخش معدنی در زون مهاباد - مریوان با استفاده از پردازش، تلفیق و مدلسازی اطلاعات زمین شناسی، ماهواره ای، ژئوشیمی، ژئوفیزیک هوایی و نشانه های معدنی در محیط GIS در سال ۱۳۸۳ توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور- مدیریت ژئومتیکس تهیه شده است که در این گزارش هیچ کدام از آنومالی ها در محدوده مورد مطالعه مهاباد نبوده است و فقط در مطالعات اکتشافات ژئوفیزیکی ورقه ۱/۲۵۰۰۰۰ مهاباد آنومالی های مغناطیسی عمدتاً بر روی واحدهای رسوبی واقع شده اند. که این احتمال وجود دارد که آنومالی ها در توده های عمیق تری وجود داشته باشند.

- اکتشافات ژئوشیمیایی - کانی سنگین در ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰۰ مهاباد، ۱۳۸۳، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، افشین اکبر پور، عبدالسمیع سعیدی، مجید نعمتی.

- اکتشافات چکشی در ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰۰ مهاباد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، حمایت

جمالی

در گزارشهای فوق در محدوده های غرب روستای ترشکان و جنوب روستای برده میش در برگه ۱/۵۰۰۰۰ گوگ تپه کانه طلا و باریت گزارش شده است که پیشنهاد شده جهت بررسی بیشتر روی آنها کار اکتشافی انجام گردد.

- نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ مهاباد- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور- افتخار نژاد و همکاران

- نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ مهاباد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، افتخار نژاد و همکاران

در گزارش این نقشه ها که توسط همین افراد تهیه شده اند بیشتر به موضوعات زمین شناسی این مناطق پرداخته شده است که شامل سازند های مهاباد، بایندور، دولومیت سلطانیه، زاگون و میلا می شود.

- نقشه ژئوفیزیک ۱/۲۵۰۰۰۰ مهاباد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، افتخار نژاد و همکاران

#### ۱-۶- نتایج حاصل از مطالعات انجام شده اکتشافات ژئوشیمیایی در ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ مهاباد

نگاهی به نتایج مطالعات ژئوشیمیایی در مرحله ۱/۱۰۰۰۰۰ مهاباد، محدوده مورد مطالعه شامل سری دگرگونی بوده که به صورت فیلیت و متاریولیت و متا ولکانیکهای اسیدی رخنمون داشته و دارای سن پر کامبرین می باشند. آثار کانه زایی عمدتاً در مناطقی که واحدهای ولکانیکی و توده های نفوذی رخنمون دارند، دیده می شوند. ناهنجاری ها از همپوشانی نسبتاً خوبی با توده های نفوذی نیمه پنهان بر خوردار می باشند. نتایج مطالعات کانی سنگین شامل ناهنجاری های طلا، باریت و جیوه در برگه های ۱/۵۰۰۰۰ خلیفان و گوگ تپه می باشند (جدول ۱-۱) و همچنین ناهنجاریهای ژئوشیمی نشان دهنده حضور مقادیر قابل توجهی از عناصر با ارزشی همچون طلا، نقره، روی، سرب، آرسنیک، مس و بیسموت است که نتایج حاصل از آن را می توان در جدول ۱-۲ مشاهده کرد.

جدول ۱-۱: جدول نتایج حاصل از مطالعات کانی سنگین در ورقه مهاباد (محدوده مورد مطالعه)

SAM.NO	MA-258	MA-260	MA-264	MA-482	MA-484	MA-488	MA-506	MA-509
T.V.(cc) (A)	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
P.V.(cc) (B)	55	45	50	28	42	67	55	45
S.V.(cc) (C)	25	23	25	13	20	15	17	21
H.V.(cc) (Y)	2.4	2.6	1.7	0.5	11	0.2	11.4	2.8

AMPHIBOL	0.4	0.4	0.45	0.01	0.01	0.01	0.25	0.01
ANATASE		0.01	0.01					
APATITE	0.01	0.01	0.05	0.01	0.001	0.01	0.01	0.01
BARITE	19	17	0.05	5.25	9		18	38
BIOTITE	0.01	0.01	0.01					
BROCHANTITE						0.01		
CELESTINE				0.01			0.01	
CERUSSITE							0.01	0.01
CHLORITE		0.01	0.01			0.45		
CINNABAR			0.01					
EPIDOTS	0.01	0.01	0.01	0.25	0.01	0.01		
FELDSPAR								
FLOURITE		0.01			0.01			
GALENA							0.01	
GARNET	0.01	0.01	0.01	0.01			0.25	0.01
GOLD				0.01				
GOETHITE	12	8	9	1	7	22.5	0.025	27.5
HEMATITE	12	8	4.5	0.25	7	27	0.25	10
ILMENITE	0.4	4	2.7	0.01	0.01	0.01	0.25	0.01
KIANITE					0.01			
LEUCOXENE				0.01				
LIMONITE	0.01			0.01		0.01		0.01
MAGNETITE	2	2	0.5	1.75	2	3	4.5	2
MALACHITE	0.01						0.01	
OLOGISTE	0.01	0.01	0.01					
PYROLOSITE				0.01		0.45		
PYRITE	0.01		0.01		0.01		0.01	0.5
PYRITE LIMONITE	0.4	0.01	0.01	0.01	0.35	0.45		0.01
PYRITE (OXIDE)	1.6	0.01	0.45	0.01	0.35	4.5	0.01	0.25
PYROXENES	0.4	48	58.5	32.5	45.5	1.8	62.5	0.25
RUTILE	0.01	0.01	0.01	0.01		0.01	0.01	0.01
ZIRCON	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

جدول ۱-۲: جدول نتایج حاصل از مطالعات ژئوشیمی در ورقه مهاباد (محدوده مورد مطالعه)

SN	X	Y	Au	Cu	Ag	Sn	Zn	Mo	As	Bi	Hg
MA-258	567723	4066060	0.00084	36	0.16	2.4	84	1.6	10.11	0.17	0.05
MA-259	568978	4066110	0.0009	34	0.17	3.1	78	2.1	19.83	0.27	0.05
MA-260	569918	4065650	0.00056	30	0.13	2	100	2.6	15.5	0.19	0.05
MA-263	572998	4063880	0.00096	40	0.19	3.3	170	4.4	18.7	0.28	0.05
MA-264	571530	4064080	0.0005	27	0.13	2.3	137	0.86	12	0.21	0.05
MA-462	569430	4068210	0.0016	23	0.096	3.2	71	1.3	11.2	0.28	0.05
MA-472	577088	4069500	0.0013	27	0.084	3.4	93	2	39.2	0.21	0.05
MA-473	574701	4068140	0.0018	39	0.13	2.7	150	1.5	17.2	0.28	0.05
MA-474	574646	4068530	0.0016	44	0.2	4.2	120	1.75	15.1	0.35	0.05
MA-475	575658	4069430	0.0018	45	0.2	4.4	128	1.8	25.9	0.1	0.05
MA-476	578002	4070730	0.0025	36	0.2	4.8	120	2.3	35.9	0.14	0.05
MA-477	578685	4073210	0.0024	41	0.14	4.2	90	2.6	12	0.28	0.05
MA-479	578248	4076200	0.002	46	0.17	3	100	1.4	9.31	0.21	0.05
MA-480	577719	4075180	0.0016	40.5	0.15	3.875	141	1.575	13.47	0.275	0.05
MA-482	575476	4072360	0.001	46	0.11	2	90	2.15	25.7	0.14	0.05
MA-483	575036	4074930	0.0013	78	0.11	2.6	92	2.05	26.2	0.14	0.05
MA-484	573861	4076800	0.0042	58	0.14	2.5	100	2.3	32	0.25	0.05
MA-487	572452	4073600	0.0012	57.5	0.18	3.2	115	1.4	21	0.42	0.05
MA-488	571723	4072730	0.0014	51	0.185	3.2	114.5	1.44	12.01	0.25	0.05
MA-490	572959	4071950	0.00135	41.5	0.17	4.15	96.5	2.3	12.09	0.175	0.05
MA-492	571941	4069240	0.0011	64	0.13	3.2	98	1.6	28.4	0.1	0.05
MA-493	572217	4068110	0.0013	44	0.14	3.3	120	1.6	9.24	0.1	0.05
MA-494	570566	4068560	0.0017	62	0.14	3	125	1.58	38.7	0.15	0.074
MA-495	570015	4068120	0.0011	45	0.11	2	56	1.5	11.9	0.14	0.05
MA-496	569511	4069280	0.0012	29.5	0.075	2.5	77	1.42	14.6	0.28	0.05
MA-506	574808	4078970	0.0023	37.5	0.12	2.4	94	0.7	18.8	0.15	0.05
MA-508	576025	4079590	0.0031	35	0.25	3.8	110	1.5	14.5	0.3	0.05
MA-509	577806	4078500	0.0019	37	0.27	2.5	235	1.1	14.6	0.41	0.05
MA-510	581681	4077650	0.0021	37	0.12	2.1	90	1	11.6	0.41	0.05



## فصل دوم:

### زمین شناسی محدوده مورد مطالعه

#### ۲-۱- جایگاه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه

#### ۲-۱-۱- ویژگی های زمین شناسی سنندج - سیرجان

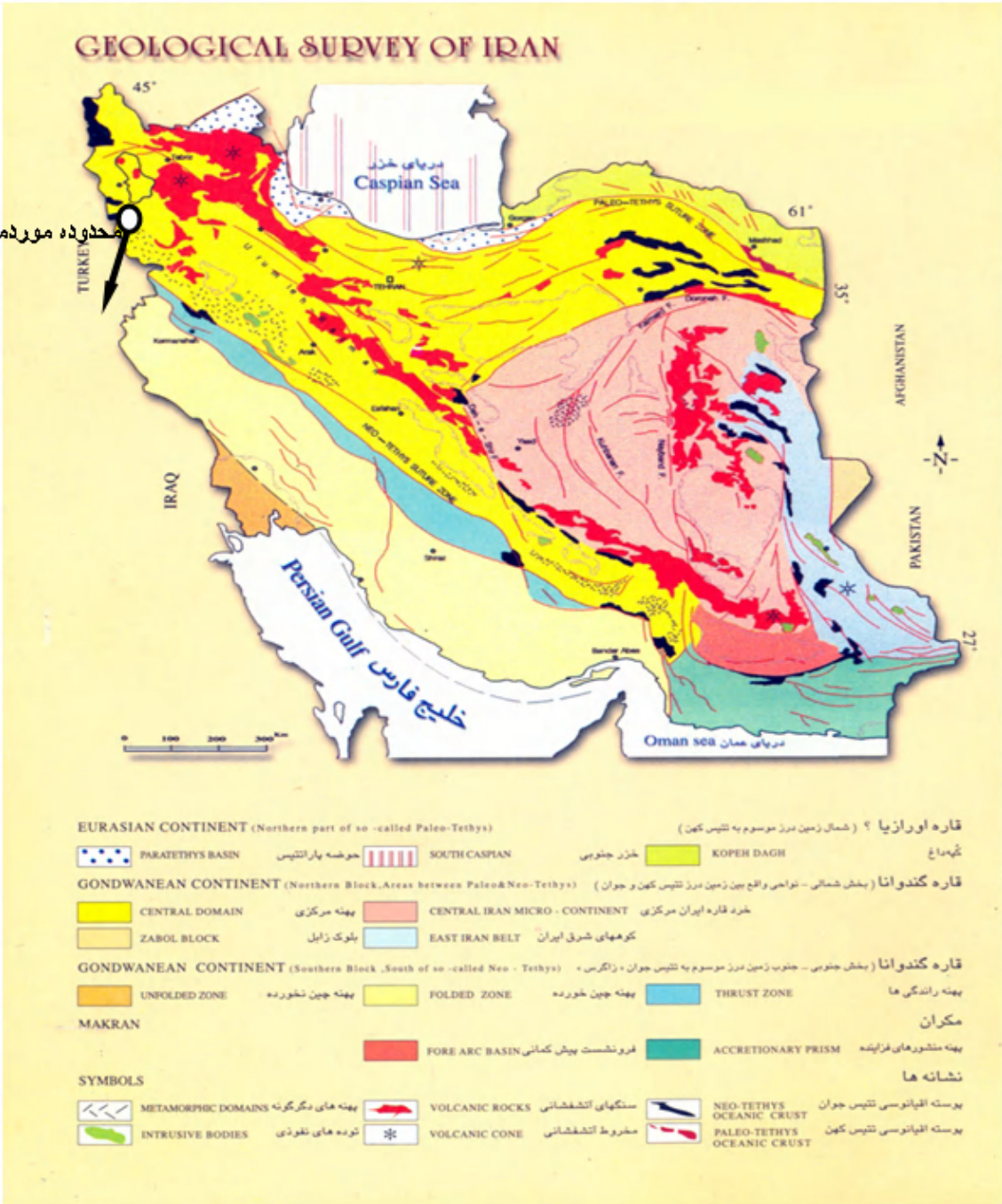
سنندج - سیرجان باریکه ایی از جنوب باختری ایران مرکزی است که در بلافصل شمال خاوری راندگی اصلی زاگرس قرار دارد. ویژگی های سنگی و ساختاری سنندج - سیرجان معرف یک گودی ژرف و یا کافت میانه بلوک در سپر پر کامبرین ایران و عربستان است. به همین رو ویژگی های زمین شناختی آن با پهنه های مجاور تفاوت های آشکار دارد. تفاوت های ویژه این زون سبب شده است تا از گذشته های دور مورد توجه و مطالعه زمین شناسان باشد.

درازای زون سنندج - سیرجان حدود ۱۵۰۰ و پهنای آن ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر است که از باختر دریاچه ارومیه آغاز می شود و در یک راستای شمال باختری - جنوب خاوری تا گسل میناب، در شمال بندر عباس ادامه می یابد. در جهت شمال باختر، گودی درون قاره ایی سنندج - سیرجان تا جنوب خاوری ترکیه ادامه دارد که پس از تغییری در روند آن تا ماسیف بیتلیس ادامه می یابد.

بر خلاف مرز جنوب باختری، که با راندگی اصلی زاگرس مشخص می شود، ارتباط شمال خاوری سنندج - سیرجان با مناطق دیگر ایران میانی، به دلیلی پوشش گستره سنگهای ترشیری و کواترنر، تغییرات جانبی رخساره ها و نیز دگر شکلی های پیچیده، به خوبی مشخص نیست. فرو افتادگی های دریاچه ارومیه، توزلوگل، گاو خونی و جازموریان فصل مشترک تقریبی سنندج - سیرجان با ایران مرکزی است.

راستای مستقیم سنندج - سیرجان در فاصله میان دریاچه ارومیه و اسفندقه، به طور محلی نمایانگر سامانه ای راستا لغز است. در راستای جنوبی این ناحیه، گسل های مستقیمی مانند آباد، ده شیر، شهر بابک و بافت مشخص اند که بعضی از آنها نشانگر جابه جایی امتداد لغز راستگرد در رسوبات کواترنری می باشند.

ویژگی های بارز سنندج - سیرجان به ویژه فرآیند های دگرگونی آن در همه جا یکسان نیستند. در نیمه جنوب خاوری این زون پدیده های دگرگونی به طور عمده حاصل عملکرد کوهزایی سیمیرین پیشین است در حالی که در نیمه شمالی آن رویدادهای سیمیرین میانی به ویژه کوهزایی لارامید از عوامل پلوتونیسم و دگرگونی هستند. (زمین شناسی ایران - دکتر علی آقا نباتی - ۱۳۸۵)



شکل ۱-۲- پهنه های رسوبی - ساختاری ایران، اقتباس از اشتوکلین و روتنر ۱۹۶۸ (تلفیق: دکتر سید علی آقاباتی)

## ۲-۲- چینه شناسی و سنگ شناسی واحدهای سنگی در محدوده مورد مطالعه

زمین شناسی این منطقه در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ توسط افتخار نژاد و همکاران (۱۹۸۰) مورد بررسی قرار گرفته است. این محدوده قسمتی از ورقه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مه‌آباد می باشد، که در ذیل به توضیح آن می پردازیم:

### ۲-۲-۱- اینفرا کامبرین (کامبرین زیرین)

محدوده وسیعی در مه‌آباد شامل یک گروه مشخص از سنگهای رسوبی و آذرین می باشند که معرف واحد های چینه شناسی اینفرا کامبرین بوده که با سنگهای پایه ایی پر کامبرین و در مرز میانی با رسوبات کامبرین زیرین مشخص شده اند. طبق نظر آقا نباتی ۱۳۸۵ این سنگها رسوبات کنار قاره ایی پر کامبرین ایران هستند که پس از رویداد زمین ساختی کاتانگایی پس از کامبرین تشکیل شده اند که بیشتر از انواع آواری های کم عمق، گاهی تبخیری و آتشفشانی هستند. در گذشته برای این مجموعه از واژه اینفرا کامبرین استفاده می شد. ولی امروزه اغلب از آنها با نام "سنگهای پر کامبرین پسین" یاد میشوند.

### ۲-۲-۲- پر کامبرین

#### ۲-۲-۲-۱- سازند مه‌آباد (PЄ<sup>mr</sup>)

قدیمی ترین سازند این محدوده مربوط به سازند مه‌آباد که شامل واحدهای زیرین سنگهای اینفرا کامبرین در شمال کردستان و غرب آذر بایجان می باشد که اساسا شامل سنگهای اسیدی و اسیدی آواری که به شیلهای خاکستری تیره تا سیاه آلتزه شده اند، به همراه میان لایه هایی از شیلهای ماسه ای و سنگ آهک که ضخامتشان در شمال لاجین (شمال مه‌آباد) به ۱۰۷۰ متر می رسد.

سنگهای آتشفشانی در مقایسه با توالی های شیلی در میان آنها قرار گرفته اند بطوریکه دو واحد شیلی بارز در قسمتهای بالایی و پایینی و سنگهای آتشفشانی در قسمتهای میانی وجود دارند. واحدهای شیل پایینی در شمال کولیان داغ (جاده اصلی میاندوآب- مه‌آباد) رخنمون خوبی دارند. اندکی از این شیلهای ماسه ایی سیاه به قسمتهای بالایی سازند کهر در البرز مرکزی و کوههای سلطانیه شباهت دارند. در شرق مه‌آباد سنگهای آتشفشانی تقریبا ۸۰ درصد کل سازند مه‌آباد را در بر می گیرند. این سنگها عموما ریولیت، ایگنمبریت و توف های اسیدی ریز تا دانه درشت می باشند که نشان دهنده دگر گونی کم تا میانه هستند که در بعضی از نقاط به متا-ریولیت ها و توف های

متبلور تبدیل شده اند. در مطالعه میکروسکوپی در محدوده گوگ تپه در داخل این سنگهای آتشفشانی مقداری آلتراسیون دیده شده است و در قسمتهایی هم کربناتی، هماتی و سرسیتی شدن وجود دارد.

زمینه ریز دانه این سنگها شامل فنو کریستالهایی از کوارتز و فلدسپار پتانسیم و کمی کانی های بازی و پلاژیو کلازهای اسیدی می باشد. همچنین کریپتو کریستالها دارای مقدار قابل ملاحظه ایی کوارتز و مقدار کمی از فلدسپارهای سرسیتی شده می باشند. در برخی از نمونه ها بیوتیت نیز مشاهده گردیده است. کانی های فلزی و زیرکن و آپاتیت کمیاب می باشند.

#### ۲-۲-۲-۲- سازند بایندور (P€br)

سازند بایندور توسط اشتوکلین و همکاران در کوه بایندور واقع در جنوب خاوری زنجان مطالعه و معرفی شده است. اینها عموماً شامل ماسه سنگهای ارغوانی، شیل های میکادار با میان لایه هایی از دولومیت می باشد.

در حوزه شرقی مهاباد توالی های مشابهی وجود دارد که شامل شیلهای ماسه ایی میکادار شرابی مایل به ارغوانی تیره، سیلتهای قرمز و شیلهای رسی شده، ماسه سنگ، متاریولیت، توف های اسیدی همراه با آلتراسیون دولومیتی - چرتی (عمدتاً در قسمتهای بالایی)، با لایه هایی نازک سنگ آهک سیاه استروماتولیت دار وجود دارند که به صورت یک ناپیوستگی بر روی لایه بالایی سازند مهاباد قرار می گیرند.

مرز زیرین سازند بایندور با گرانیت دوران در جنوب غربی بایرام از نوع دگر شیئی آذرین پی است و در بالا سازند بایندور به طور هم شیب و پیوسته با قسمت پایینی دولومیت سلطانی پوشیده می شود.

#### ۲-۲-۲-۳- دولومیت سلطانی (P€s)

در محل برش الگو (کوههای سلطانیه) سازند سلطانیه از سه عضو دولومیت پایینی، شیل چپقلو و دولومیت بالایی تشکیل شده است. طبق مطالعات (حمدی ۱۳۷۲) مرز پر کامبرین - کامبرین به تقریب در لایه های آغازین سومین عضو این سازند قرار دارد، به همین رو بخشی از سازند سلطانیه که سن پر کامبرین پسین دارد منحصر به عضو های دولومیت پایینی و شیل پایینی این سازند است.

چینه شناسی این سازند در منطقه مهاباد اندکی متفاوت از سازند سلطانیه در محل رخنمون می باشد که شامل دولومیت های لایه ای خاکستری کمرنگ که اندکی سیلیسی شده اند همراه با لایه های نازک چرت

دارمیباشند. همچنین در این ناحیه شیل های رسی سبز رنگ و گاهی شیل های قرمز بصورت میان لایه در قسمت های میانی وجود دارند.

#### ۲-۲-۳- کامبرین

#### ۲-۲-۳-۱- سازند زاگون (€ z)

سازند زاگون در منطقه مهاباد با سنگهای اینفرا کامبرین و کامبرین زیرین مشخص شده اند. در این ناحیه لایه ها در مقایسه با برش البرز مرکزی از ضخامت بیشتری برخوردار می باشند. سنگهای این منطقه شامل شیل های ماسه ای- سیلتی قرمز پر رنگ تا بنفش میکایی-رسی شده به همراه میان لایه هایی از شیل های رسی سبز رنگ در قسمت های پایینی و شیل های ماسه ای و ماسه سنگ در قسمت های بالایی می باشند. یک لایه این سازند بصورت هم شیب بر روی سازند لالون قرار می گیرد که عده ای آن را ماسه سنگ در نظر گرفته اند و عده ای آن را یک لایه چینه شناسی انتقالی بین کامبرین و پرمین بدون وقفه رسوبگذاری می دانند.

#### ۲-۲-۳-۲- سازند میلا (€ m)

بطور کلی در محدوده نقشه لالون ماسه سنگهایی که بصورت هم شیب بر روی دولومیت های چرتی خاکستری متبلور با لایه بندی کاذب که در اثر هوازگی ایجاد شده اند، یافت شده اند. این دولومیت ها قسمت های نسبتا پا برجایی هستند و در حال حاضر بطور شاخص قسمت های پایه ای همه سازند های البرز و شمال غربی ایران را در بر می گیرند. این لایه ها با عضو های پایه ای که فسیل ندارند مطابقت دارند اما با توجه به موقعیت چینه شناسی میان ماسه سنگهای لالون و لایه های میانی فسیل دار سازند میلا میتوانیم آنها را مربوط به کامبرین بدانیم.

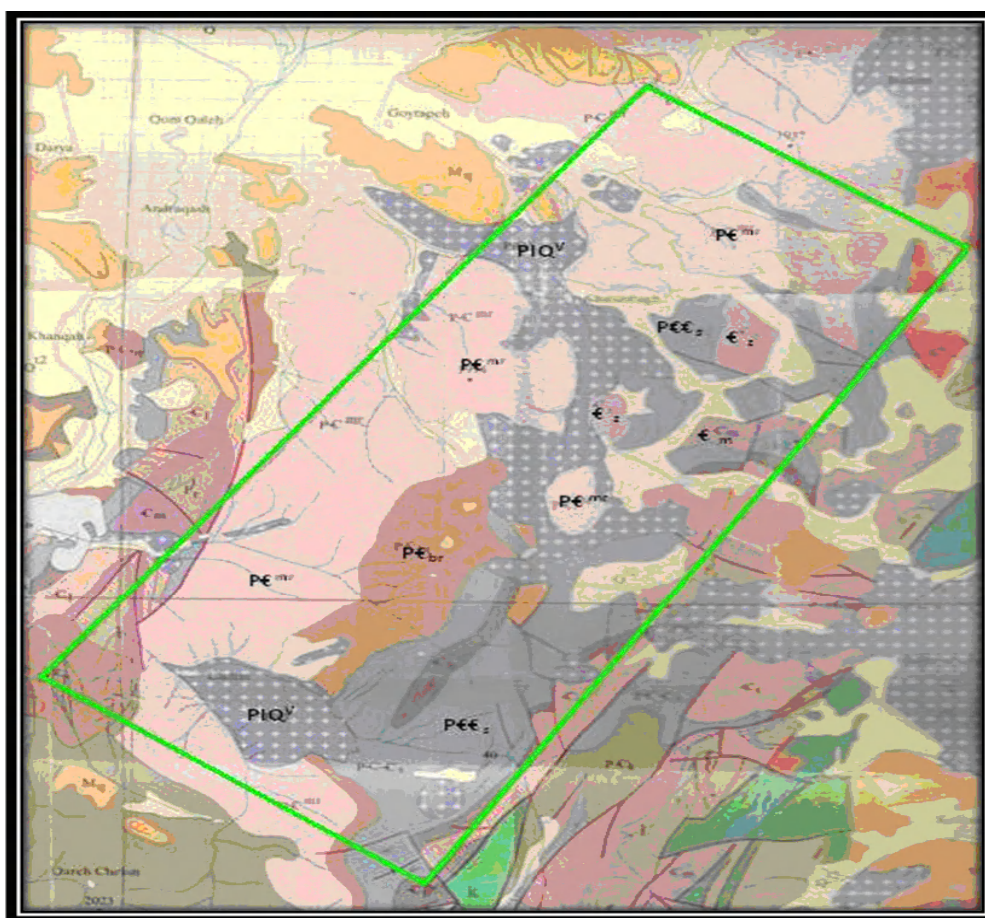
#### ۲-۲-۴- سنوزوئیک

#### ۲-۲-۴-۱- کواترنری (PIQ<sup>v</sup>)

در این محدوده واحد سنگی مربوط به مزوزوئیک گزارش نشده است، اما واحد سنگی که مربوط به سنوزوئیک می باشد، شامل سنگهای آتشفشانی کواترنری جوان که در جنوب و جنوب شرقی برکه مهاباد وجود

دارند که کوه سلطان نامیده می شوند. این گدازه ها، گدازه هایی با ترکیب بازی هستند که در آنها آثاری از اختلاط ماگمایی دیده می شود.

در شکل (۲-۲) نمای کلی از زمین شناسی منطقه مورد مطالعه در نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ مهاباد نشان داده شده است.



Om	Green shale with limestone	MILA FORM.
Cm	Dolomite, limestone, shale	
PCK	KAHAR FORM.	
PCp	Phyllite (PCp)	
PC	Undifferentiated Precambrian: phyllite, gneiss-acidic volc. rocks, amphibolite (PC)	
PCg	Gneiss	
ICbr	BĀYANDOR FORMATION	
ICr	MAHĀBĀD RHYOLITE	

شکل ۲-۲- نمای کلی از زمین شناسی منطقه مورد مطالعه در نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ مهاباد

## ۲-۲-۵- توده های نفوذی

در این منطقه سنگهای نفوذی بسیار گسترده اند و دارای سن های گوناگون از اینفرا کامبرین تا تریاس آغازین هستند که بصورت گنبد، باتولیت ها و کمی استوک و دایک مشخص می گردند.

## ۲-۲-۶- تکنونیک و زمین ساخت ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ مهآباد

با توجه به ویژگی های زمین ساختی منطقه اشتوکلین (۱۹۶۸) این بخش را قسمتی از زاگرس دانسته اما مطالعات انجام گرفته توسط افتخار نژاد نشان دهنده اختلافاتی بین وضعیت زمین ساخت این منطقه با زاگرس است. (شکل ۲-۳)

یشتترین تاثیر و تغییرات بزرگ در این منطقه در دوران های مزوزوئیک و ترشیری اتفاق افتاده است که باعث بوجود آمدن چهار بخش مجزا در ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ مهآباد شده است. این چهار بخش شامل بخشهای ذیل است:

- زون افیولیت ملائز مزوزوئیک پایانی تا ترشیری

- زون سردشت - خانه

- بالا آمدگی (قطعات پلاتفرمی پالئوزوئیک)

- زون سقز - میاندوآب (زون کششی شمال غرب در حوضه مزوزوئیک - ترشیری مرکز ایران و البرز)

تاپیر فازهای کوهزایی بصورت حرکات خشکی زایی پالئوزوئیک که تاثیر فاز کوهزایی هرسی نین سبب تغییر شکل و چین خوردگی و به وجود آمدن گرانیتهای اوایل پرمین در جنوب در یاچه ارومیه و شمال تبریز گشته است.

همچنین زون لاتریتی در سنگهای پرمین و جریانهای ملافریک و توفهای تشکیلات بالایی روتیه در البرز مرکزی نیز نشان دهنده تاثیر همین فاز کوهزایی است. تاثیر فاز کوهزایی سیمیرین پیشین سبب قطع شدن رخنمون های سنگی گوشه جنوب غربی ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ مهآباد گردیده که سبب ایجاد فرمهای ساختمانی مجزا گشته است. حرکات بصورت بالا آمدگی در ناحیه نمایان است که از یک محیط دریایی به محیط شدیداً قاره ایی تبدیل گشته است. این بالا آمدگی با روند شمال غربی - جنوب شرقی با حوضه حاشیه ایی کرتاسه منطبق است. گسل خوردگی همراه با تغییر مکان قابل توجه و چین خوردگی آرام از دیگر مشخصات فاز سیمیرین پسین است و بر عکس نواحی ایران مرکزی نبود رسوبگذاری بین تریاس زیرین و ژوراسیک وجود دارد. رسوبات لیا س نشان دهنده

مشابهت‌هایی با ایران مرکزی و البرز است. حرکات سیم‌رین پسین سبب نبود رسوبگذاری سنگ‌های زیرین قبل از بارمین در تمام چهار گوش مهاباد گردیده است.

فاز کوهزایی لارامید سبب تغییر شکل شدیدی در منطقه شده و سبب چین خوردگی، گسل خوردگی و دگرگونی دیناموترمال و در نهایت لینه آسیون و شیستوزیته به موازات زاگرس گردیده است.

## ۲-۳- مطالعات دورسنجی در محدوده مورد مطالعه

تصاویر ماهواره ای استفاده شده، تصاویر سنجنده ETM ماهواره لندست ۷ میباشد. این تصاویر با شماره گذر و ردیف‌های (۳۴ و ۱۶۸) و (۳۵ و ۱۶۸) هر کدام با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ منطقه مهاباد را پوشش می‌دهند. به دلیل مشترک بودن محل قرارگیری محدوده اکتشافی مورد نظر در این دو تصویر، یک موزاییک از این دو تصویر تهیه شده است.

مطالعات دور سنجی در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ به منظور تعیین و تفکیک گسل‌های اصلی و فرعی، انواع آلتراسیون‌ها و واحدهای زمین شناسی انجام شده است. مراحل انجام این مطالعات در ادامه آمده است.

پس از جمع آوری داده‌های مورد نظر ابتدا پردازش تصاویر روی داده‌های لندست ۷ سنجنده ETM انجام شد. این پردازشها شامل مراحل زیر میباشد:

- موزاییک کردن تصاویر

- استخراج گسلها

- تفکیک واحدهای زمین شناسی

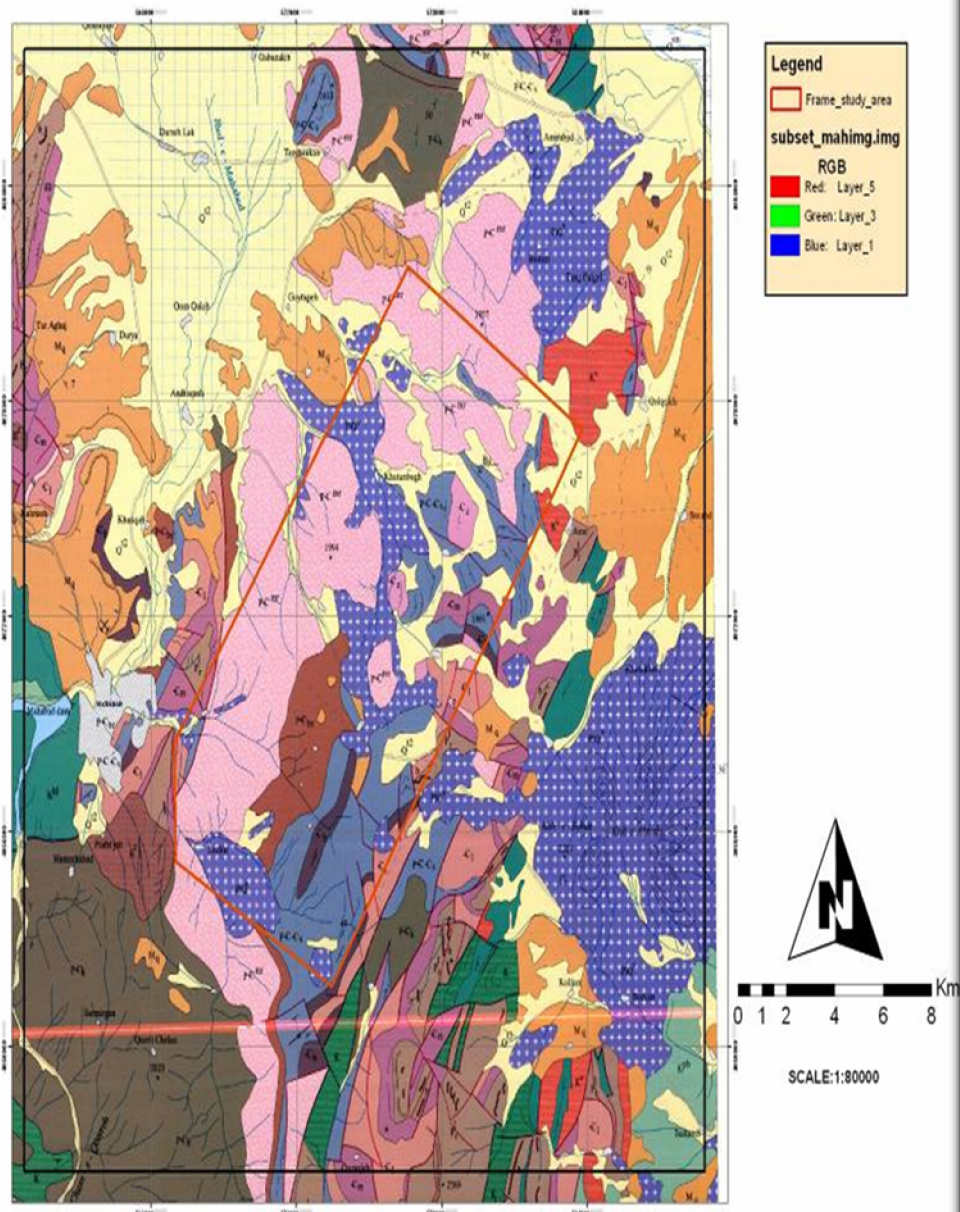
- تفکیک و جداسازی آلتراسیون‌ها

جهت تفکیک دقیقتر عوارض می‌توان از تصاویر سنجنده ASTER استفاده گردد و در نهایت از تلفیق کلیه داده‌های حاصله از تصاویر سنجنده ETM و ASTER لایه‌های نهائی با فرمت shp ارائه شد تا مورد بررسی‌های صحرائی قرارگیرد. در شکل ۲-۳ محدوده مورد مطالعه در نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰۰ را می‌توان مشاهده کرد.

نمای کلی محدوده مورد بررسی با استفاده از تصاویر سنجنده ASTER ماهواره Landsat 7 با ترکیب بانندی ۵۳۱ نمایش داده شده است (شکل ۲-۴).

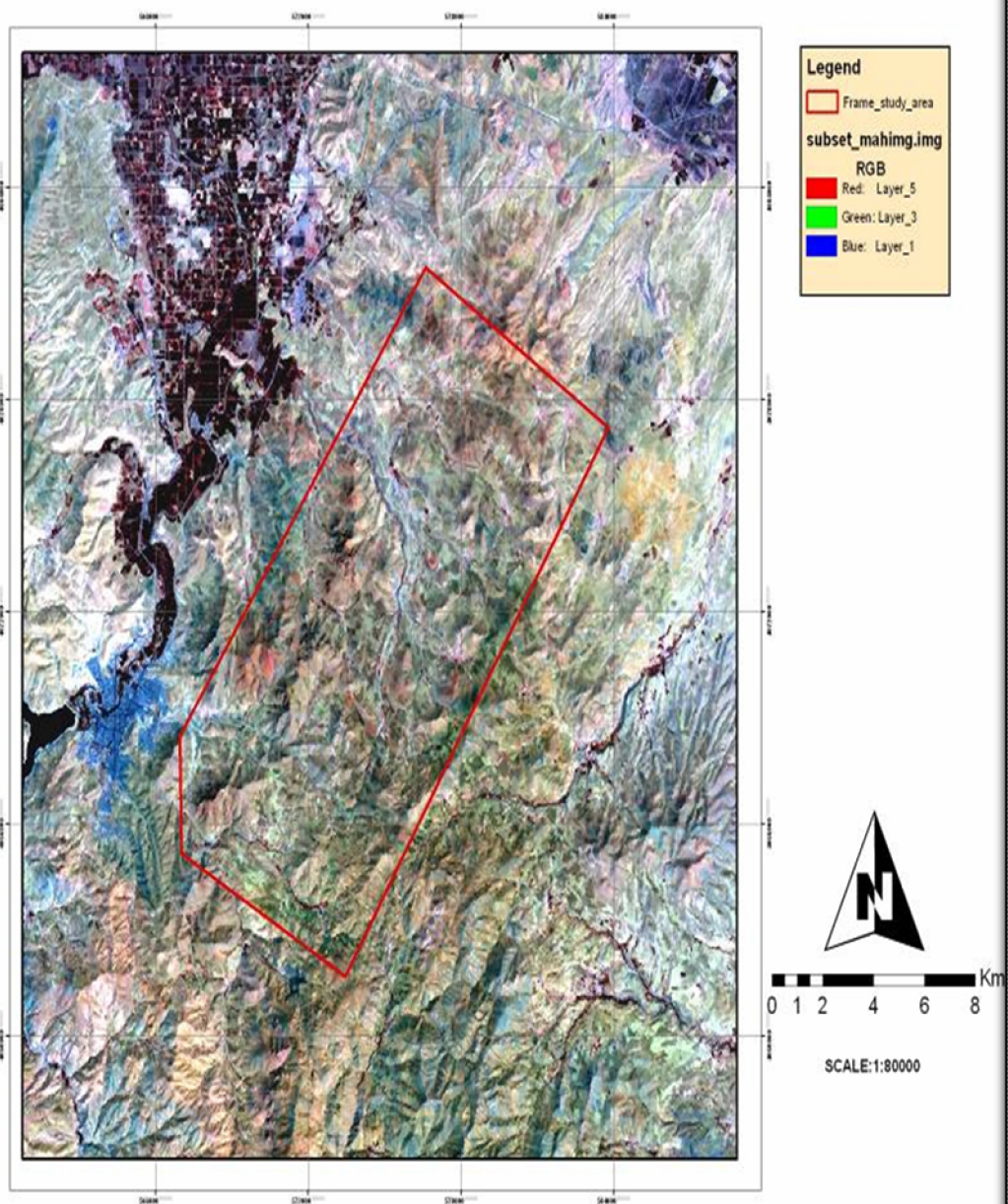


## STUDY AREA MAP BASE OF SATELLITE IMAGE ASTER

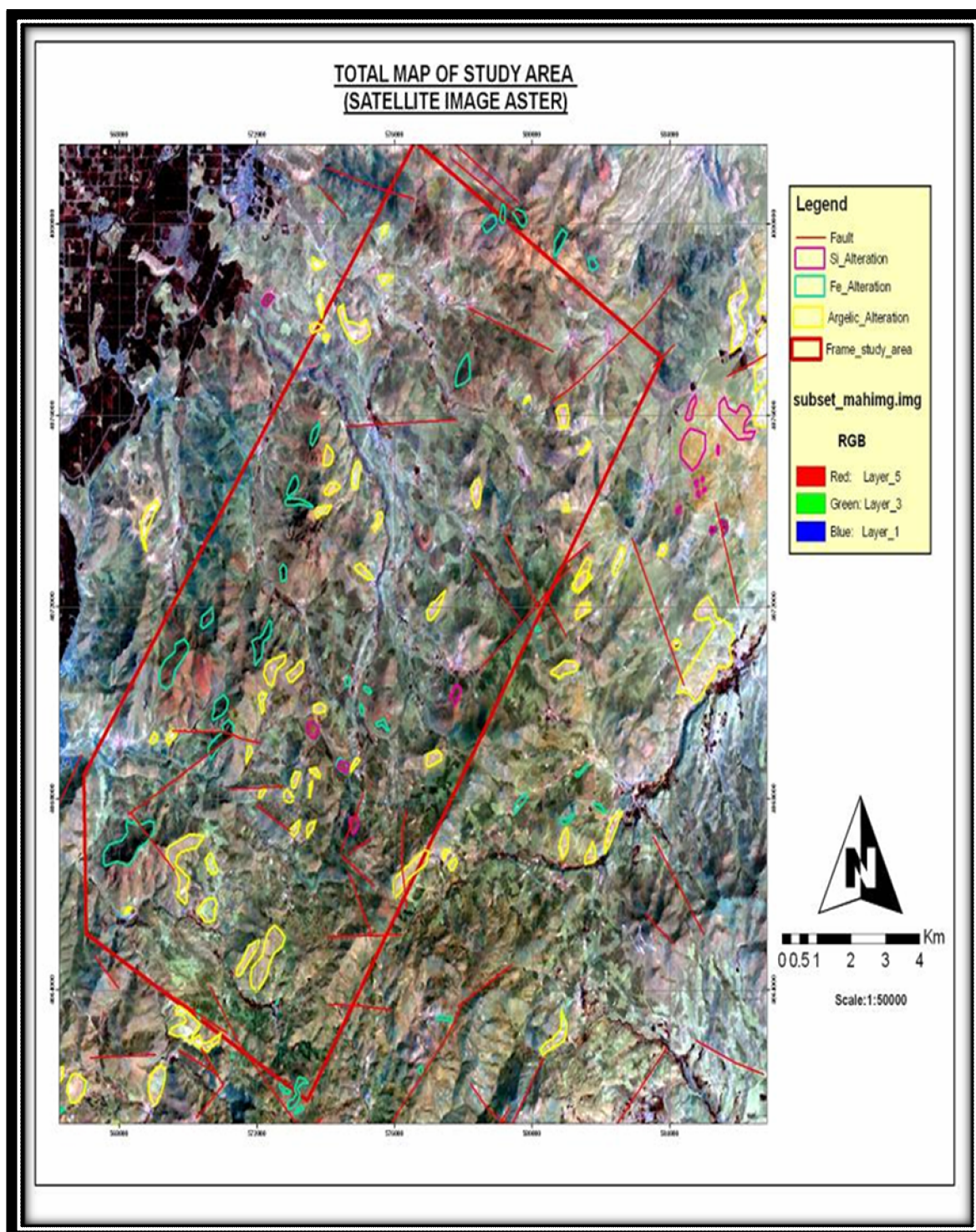


شکل ۲-۳- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

## STUDY AREA MAP BASE OF SATELLITE IMAGE ASTER



شکل ۲-۴- نقشه کلی از محدوده با باند ۵۳۱



شکل ۲-۵- مشخص نمودن کل عوارض با باند ۵۳۱

## فصل سوم:

### اکتشافات ژئوشیمیایی در محدوده ۱/۲۵۰۰۰ مهاباد ۱

#### ۳-۱- طراحی شبکه نمونه برداری از رسوبات آبراهه ای

یکی از مهمترین بخشهای فاز اکتشافات ژئوشیمیایی و کانی سنگین طراحی بهینه ایستگاههای نمونه برداری است که بعنوان اساس و پایه کار بایستی بدون خطا و یا با کمترین خطا صورت گیرد. طراحی یاد شده با توجه به دستور العمل اجرای پروژه های ۱/۲۵۰۰۰ برای دستیابی به بهترین توزیع نمونه ها و رعایت چگالی نمونه برداری ژئوشیمیایی و کانی سنگین با بررسی و شناخت حوضه های آبریز و شبکه آبراهه ها و با هدف نمونه برداری از رسوبات رودخانه ای انجام می گیرد.

در پروژه حاضر به دلیل نبود نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ به جای آن از نقشه های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ استفاده شد. ابتدا محدوده تحت برداشت بر روی نقشه مذکور رسم گردید سپس با بررسی محدوده، حوضه های آبریز بررسی و کلیه آبراهه های قابل تفکیک مشخص گردید. سپس با استفاده از شرایط زمین شناسی منطقه، گسترش شبکه های آبریز و بر اساس استاندارد موجود (شرح خدمات تهیه نقشه های ژئوشیمیایی ۱/۲۵۰۰۰) طراحی نمونه ها در محدوده مهاباد ۱ انجام شد.

هر چند به دلیل پوشیده شدن بخشهایی از محدوده با زمینهای کشاورزی تعدادی از نمونه ها با هماهنگی ناظر پروژه حذف گردید که نهایتاً تعداد نمونه های برداشته شده در این محدوده ۴۳۱ نمونه ژئوشیمی و ۱۹۶ نمونه کانی سنگین می باشد که بطور کلی چگالی نمونه های ژئوشیمی ۲,۷ نمونه در هر کیلومتر مربع نمونه و ۱,۲ نمونه کانی سنگین برای هر کیلومتر مربع است.

#### ۳-۲- عملیات صحرائی نمونه برداری

با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ محدوده که بر روی آن ایستگاههای نمونه برداری مشخص شده و مختصات نقاط (X,Y) ثبت شده در دستگاه GPS، نمونه ها توسط گروههای نمونه بردار برداشت گردید. نمونه های ژئوشیمی از بستر آبراهه و با استفاده از جزء زیر الک ۸۰ مش با وزن تقریبی ۳۰۰ گرم و نیز نمونه های کانی سنگین به صورت الک شده (جزء زیر الک ۱۰ مش) و با حجم ۱۰ لیتر برداشت شده است. و شماره نمونه ها با رنگ اسپری، در محل ایستگاه نمونه برداری مشخص شدند. (شکل ۳-۱)



شکل ۳-۱- شمایی از محل نمونه برداری در محدوده

لازم به ذکر است که نمونه های کانی سنگین در محل پروژه لاوک شویی شده و به همراه نمونه های ژئوشیمی بسته بندی و سریال گذاری گردیده که نمونه های ژئوشیمی به آزمایشگاه برای تجزیه شیمیایی ارسال شد و نمونه های کانی سنگین آماده سازی و برموفورم گیری می شوند تا جهت مطالعات میکروسکوپی آماده گردند. لیست نمونه های ژئوشیمیایی و کانی سنگین برداشت شده با مختصاتشان در به ترتیب در پیوستهای شماره ۱ و ۵ آمده است.

### ۳-۳- آماده سازی و آنالیز شیمیایی نمونه ها

نمونه های ژئوشیمی پس از کنترل نهایی شماره همراه با لیست مربوطه برای آنالیز به آزمایشگاه شرکت زرآما ارسال شد. آماده سازی نمونه ها با پودر کردن تا اندازه ۲۰۰- مش انجام شد و عنصر طلا با روش FA3 (Fire Assay) ، تعدادی از عناصر با روش ICP-MASS و تعداد دیگری از عناصر با روش ICP-OES

آنالیز شدند که نتایج آنالیز نمونه ها در پیوست ۱ آمده است. روش آنالیز دستگامی و حدود حساسیت به کار گرفته شده توسط آن در جدول ۳-۱ آورده شده است.

جدول (۳-۱): روشهای آنالیز برای عناصر مختلف با حدود حساسیت آنها

Au	As	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Sr	Zn	Ba	Be	Ti	Fe	Al	La
ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm
1	0.5	0.2	2	0.2	2	2	0.1	0.2	0.2	0.2	10	100	10	10
FA3	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E

Sc	Ca	Li	P	V	Mg	Ce	K	Na	S	Zr	Hg	Ag	B	Bi
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm
1	10	0.5	5	2	10	0.5	10	10	50	5	0.05	0.01	0.5	0.1
IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M

Mo	Pb	Sb	Sn	W	Cs	Nb	U	Te	Cd	Rb	Th	Y	Tl
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm	ppm	ppm
0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.5	0.02	0.2	0.1	0.1	0.02	0.05	0.1
IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M

### ۳-۴- تجزیه و تحلیل دقت آنالیزهای دستگامی

به منظور کنترل دقت آزمایشگاه تعداد ۳۰ نمونه تکراری از نمونه های اولیه (از نمونه های مربوط به مناطق احتمالی ناهنجاری) برداشت گردیده که در جدول (۳-۲) لیست این نمونه ها و نتایج آنها در جدول (۳-۳) آورده شده است.

روشهای بکار برده شده جهت تخمین میزان خطاهای آنالیز شیمیایی روش تامپسون و هاوارث (۱۹۷۸) و روش محاسبه میانگین حسابی خطای نسبی است که در روش اول از نمودار معروف تامپسون و هاوارث استفاده می شود (شکل ۳-۲).

جدول (۳-۲): لیست نمونه های اصلی و تکراری

ردیف	شماره نمونه کنترلی	شماره سریال نمونه اصلی	ردیف	شماره نمونه کنترلی	شماره سریال نمونه اصلی
1	M-100	324	16	M-115	114
2	M-101	237	17	M-116	40
3	M-102	290	18	M-117	68
4	M-103	190	19	M-118	119
5	M-104	127	20	M-119	402
6	M-105	218	21	M-120	362
7	M-106	179	22	M-121	388
8	M-107	229	23	M-122	352
9	M-108	203	24	M-123	378
10	M-109	302	25	M-124	344
11	M-110	270	26	M-125	403
12	M-111	319	27	M-126	414
13	M-112	11	28	M-127	428
14	M-113	84	29	M-128	397
15	M-114	94	30	M-129	159

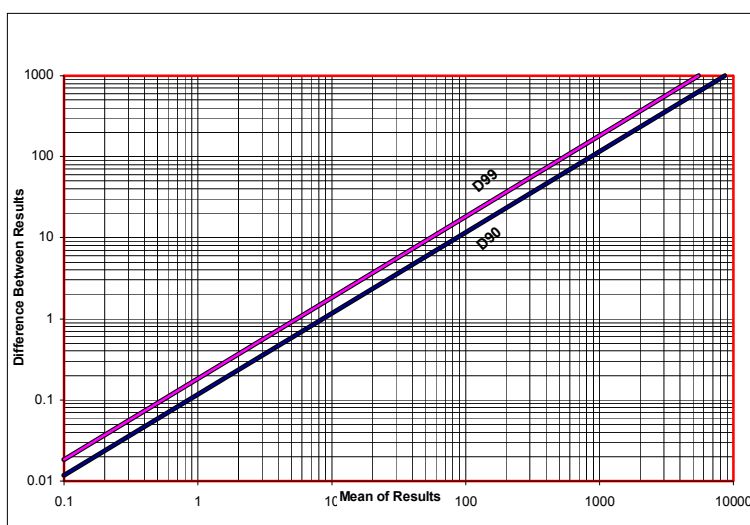
بررسی میزان خطا با استفاده از این نمودار برای تمام عناصر بجز عناصر **Ag, Cd, Te** (به دلیل تعداد زیاد داده های سنسورد) انجام گرفت و نتایج آن به صورت نمودارهای خطا در پیوست ۲ آورده شده است. همچنین میانگین حسابی خطای نسبی جفت نمونه ها، برای عناصر مختلف به عنوان برآوردی از مقدار خطای آنالیز محاسبه شده است و نتایج آن در جدول ۳-۴ آمده است. به منظور مقایسه خطای نسبی آنالیز عناصر مختلف نمودار شکل ۳-۴ رسم شده است که عناصر به صورت نزولی از مقادیر بیشترین خطا (عنصر **Be**) تا کمترین میزان آن در عنصر **Fe** قرار گرفته اند.

جدول (3): انالیز شمعی نمونه های کنکری

Chrt. Point	Al	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	P	S	Sc	Ti	V	Zn	Ag	As	Ba	Be
Mh-100	6.29	3.16	15	90	34	3.95	2.3	1.29	1060	0.77	86	550	900	12	0.385	85	74	0	20	1450	1.7
Mh-101	5.07	13.3	20	70	24	3.24	1.48	1.35	372	0.5	58	700	500	11	0.485	90	90	0	11	277	1.4
Mh-102	6.98	5.41	20	100	48	4.75	1.88	1.72	1070	0.48	122	750	450	15	0.48	120	110	0	20	1230	1.5
Mh-103	7.5	0.12	20	80	60	5.03	3.51	0.67	2650	0.4	68	650	900	13	0.41	95	84	0	52	3860	2
Mh-104	5.86	8.62	15	70	26	3.75	2.59	1.45	926	0.86	92	750	500	11	0.555	85	66	0	20	954	1.7
Mh-105	5.43	9.24	20	80	52	4.83	3.03	1.21	2140	0.48	96	600	300	11	0.43	100	74	0	27	563	1.3
Mh-106	6.88	2.99	20	90	52	4.83	3.03	1.21	2140	0.48	96	700	500	10	0.395	95	86	0	31	3320	1.5
Mh-107	4.83	13.2	25	80	26	3.53	1.26	1.6	980	0.41	90	700	500	10	0.395	95	86	0	27	266	1.1
Mh-108	4.37	15.4	25	80	26	3.67	1.31	1.43	1280	0.35	98	600	400	10	0.43	100	80	0	59	476	1.6
Mh-109	5.64	8.11	20	100	32	3.49	1.83	1.61	884	0.69	98	700	300	11	0.375	95	64	0	16	530	1.3
Mh-110	4.72	12.6	20	90	26	3.25	1.09	1.7	718	0.49	100	650	300	10	0.36	85	70	0	12	381	1.2
Mh-111	7.6	1.27	15	80	170	5.84	1.19	2980	0.78	84	650	750	450	12	0.48	95	150	0	52	2800	3.6
Mh-112	7.12	1.27	25	110	32	5.11	2.44	1.38	1050	0.45	108	850	450	15	0.515	140	114	0	21	414	2
Mh-113	6.74	2.44	20	90	32	3.6	3.46	1.07	942	0.49	96	650	350	12	0.385	90	80	0	28	419	1.6
Mh-114	6.48	8.32	25	70	42	4.81	2.41	1.16	1840	0.74	84	750	400	13	0.485	110	172	0	44	515	3.6
Mh-115	7.26	2.78	25	100	38	3.92	3.22	1.17	1510	0.95	100	600	250	13	0.43	95	82	0	31	464	1.6
Mh-116	6.52	6.49	20	90	30	4.09	2.1	1.66	704	0.74	104	800	300	12	0.465	110	96	0	14	420	2
Mh-117	4.3	15.5	20	70	28	3.44	1.28	1.39	1230	0.35	88	550	450	10	0.415	100	68	0	56	475	1.4
Mh-118	4.66	14.2	15	70	24	2.78	1.53	1.64	672	0.49	78	600	400	9	0.515	85	66	0	11	370	1.3
Mh-119	7.69	1.06	15	120	44	4.74	2.65	1.15	786	0.57	116	950	600	16	0.52	120	122	0	20	465	1.9
Mh-120	5.31	0.6	5	70	18	2.83	2.39	1.25	280	0.29	58	550	150	8	0.41	75	40	0	4	418	0.9
Mh-121	7.29	1.61	30	130	42	4.44	2.37	1.81	1120	0.85	116	1200	700	15	0.505	120	128	0	22	572	1.7
Mh-122	6.24	9.84	25	100	34	3.91	2.02	1.91	846	0.63	98	850	350	12	0.465	110	100	0	19	460	1.8
Mh-123	8.32	0.97	20	120	32	4.63	3.23	1.55	942	0.98	84	550	150	16	0.495	130	86	0	16	560	2
Mh-124	7.14	4.17	20	80	34	4.72	2.65	1.47	2690	0.7	92	650	450	14	0.43	95	84	0	19	1500	2.3
Mh-125	5.31	10.8	15	130	26	3.35	2.17	1.56	1160	0.74	74	1050	700	11	0.435	85	72	0	16	873	1.9
Mh-126	6.46	5.58	20	160	52	4.34	2.22	1.43	1300	0.7	104	900	1300	13	0.43	100	88	0	23	3600	1.7
Mh-127	6.22	6.77	20	80	32	3.57	2.25	1.16	884	1.25	68	600	700	11	0.47	90	80	0	19	1680	1.8
Mh-128	6.89	3.91	20	110	36	4.6	2.51	1.95	1040	0.51	108	800	300	14	0.465	110	92	0	19	466	1.7
Mh-129	7.56	1.9	20	120	38	4.85	2.53	1.5	1220	0.72	124	550	250	15	0.47	115	84	0	17	788	2.2

Chrt. Point	Bi	Cd	Cs	Ce	La	Li	Mo	Nb	Pb	Rb	Sb	Sn	Sr	Te	Th	Tl	U	W	Y	Zr
Mh-100	1	0	66.8	4.2	34.3	33	1.5	20.5	17	92.6	1.9	3	157	0	6.4	0.6	2.5	1.5	25.1	130
Mh-101	0.2	0	46.4	5.7	23	38.5	1	12.5	16	79.8	1	3	157	0	6.4	0.4	1.6	1	17.5	90
Mh-102	0.3	0	58.5	5.9	31.2	36.5	1.5	18	29	95.6	1.8	3	126	0	8.9	0.6	1.9	1.5	21.4	132
Mh-103	0.8	0	88.6	4.6	38	36	3.5	20	26	133	6.4	4	117	0	14.1	1	3.3	2.5	32	154
Mh-104	0.3	0	58.2	5.3	28.6	30.5	1	17.5	16	93.8	2	3	219	0	9.8	0.5	2.2	2	22.9	124
Mh-105	0.6	0	50.3	4.6	25.6	35	1.5	16.5	16	78.6	1.8	2	199	0	8.4	0.4	1.9	1.5	18.6	112
Mh-106	0.5	0	74	3.8	32.5	33.5	2.5	17	20	110	4.2	4	143	0	12	0.7	2.7	2	27	132
Mh-107	0.1	0	44.5	6	29.9	34	1	13	16	60.6	0.8	2	209	0	6.1	0.3	1.5	1	17.7	90
Mh-108	0.2	0	48.9	9.1	25.2	37	1.5	13	17	71.2	1	2	219	0	6	0.4	1.5	1	19.8	82
Mh-109	0.3	0	58.4	3.9	31.1	32	1	18	15	80.6	1.4	3	253	0	8.7	0.5	2.1	1.5	22.2	108
Mh-110	0.2	0	51.9	3.5	27	35	1	14	14	55.6	0.8	2	346	0	7.1	0.3	1.4	1	18.2	90
Mh-111	0.5	0	128	5.4	66.7	40	3	60	85	161	12.2	7	117	0	15.7	1	3.6	3.5	34.6	166
Mh-112	0.3	0	69.4	5.7	36.5	48	2.5	18	32	105	1.6	3	118	0	9.9	0.6	2.5	1.5	24.5	118
Mh-113	0.3	0	80.4	4.2	37.8	35	1	17	16	116	3.6	3	109	0	11.6	0.6	2.8	2.5	24.5	144
Mh-114	0.3	0.5	61.8	36.1	29.7	39.5	2.5	23	50	139	3.4	3	141	0	9.5	0.7	2.5	2	23.4	144
Mh-115	0.3	0	76.5	4.7	36.8	33.5	1.5	19	24	115	3.6	4	124	0	11.8	0.7	2.8	1.5	25.9	148
Mh-116	0.2	0	56.4	5	29.6	48.5	1	20.5	17	99.6	1.4	3	227	0	8.7	0.5	2.1	1.5	22.1	114
Mh-117	0.2	0	49.4	8.7	25.5	36	1.5	12.5	17	67.2	1	2	208	0	5.6	0.4	1.6	1	18.4	78
Mh-118	0.2	0	48.6	3.5	24.8	28	1	11.5	14	41.6	0.7	1	288	0	7.1	0.4	1.7	1	17.5	96
Mh-119	0.3	0	68.7	5.3	37.2	44.5	1.5	18	17	127	1.2	3	97	0	12.9	0.7	3.1	1.5	27.2	154
Mh-120	0.1	0	51.3	2.9	27.8	38	1	11	12	81.2	0.6	2	68	0	7.5	0.4	1.6	1	15.8	84
Mh-121	0.3	0.5	67	5.1	34.6	40.5	1.5	17.5	27	109	1.4	3	112	0	10.2	0.6	2.3	1.5	26	136
Mh-122	0.2	0	56.1	4.9	28.9	42	1.5	16.5	23	87.8	1.6	3	214	0	8	0.5	2	1.5	21.3	114
Mh-123	0.4	0	72.6	8.9	36.4	60.5	1	14.5	15	150	2	3	98	0	10.9	0.7	2.7	1.5	24.5	132
Mh-124	0.4	0	62.6	5.5	33	35.5	1.5	19	20	128	3.4	3	130	0	10.4	1	2.5	2	26.9	130
Mh-125	0.2	0	57	6.8	29.6	35	1	22	18	83.6	2	2	279	0	7.6	0.5	2	1	20.6	78
Mh-126	0.7	0	65	4.3	32.8	38	1.5	21	18	93	2	3	213	0	9.6	0.6	2.2	2	23.6	124
Mh-127	0.2	0	64.1	6.6	33.1	34	1.5	18.5	22	101	2.6	3	213	0	9.5	0.5	2.3	1.5	24.8	112
Mh-128	0.3	0	71	4.4	37.5	45	2	22	18	111	1.4	3	186	0	10.6	0.6	2.4	2	24.3	130
Mh-129	0.3	0	70.6	5.7	36.9	45	1.5	19.5	18	120	2.6	3	110	0	13.2	0.7	2.9	2	29.5	136





شکل (۳-۲): نمودار کنترل خطا (تامپسون و هاوارث، ۱۹۷۸)

بر اساس مقایسه نمودارهای کنترل خطا و محاسبات میانگین خطای آنالیز دستگامی می توان گفت که:

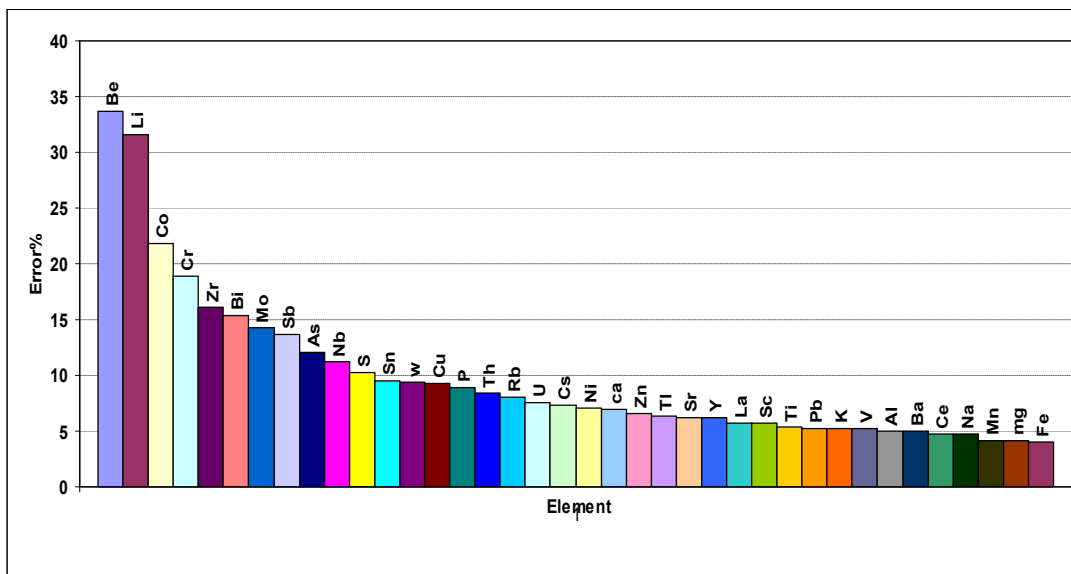
۱- در مورد عناصر **Be, Li** که میزان خطای اندازه گیری آنها بیش از ۱۰ درصد (حد مجاز استاندارد خطا) می باشد می توان گفت، این خطا ممکن است به علت نزدیکی غلظت جفت نمونه های تکراری به حد تشخیص دستگاه آنالیز کننده باشد. بنابراین با این جفت نمونه های تکراری نمی توان میزان خطای آنالیز این عناصر را برآورد کرد.

جدول (۳-۴): برآورد میانگین خطای نسبی آنالیز عناصر مختلف

عنصر	Al	Ba	Bi	Co	Cs	Fe	Sr	Sc	S	Pb	Zn	W	U
درصد میانگین خطا	5.0	4.9	15.4	21.8	7.4	4.0	6.3	5.7	10.2	5.3	6.6	9.3	7.5

عنصر	Ti	Li	Mn	Na	Ni	As	Be	Ca	Ce	Cr	Cu	K	Sn
درصد میانگین خطا	5.3	31.5	4.2	4.7	7.1	12.1	33.6	6.9	4.8	18.9	9.2	5.2	9.5

عنصر	Sb	Rb	Zr	Y	V	Tl	Th	La	Mg	Mo	Nb	P	
درصد میانگین خطا	13.7	8.0	16.1	6.3	5.2	6.4	8.4	5.7	4.1	14.2	11.2	8.9	



شکل (۳-۳): نمودار مقایسه میانگین خطای نسبی آنالیز عناصر مختلف

۲- میزان خطای دستگاهی در مورد عناصر  $Mo, Cr, Ca, S, Nb, As, Bi, Sb, Zr$  کمی بیش از حد استاندارد (۱۰ درصد) میباشد. (بین ۱۰ تا ۲۲ درصد)

۳- میزان خطای اندازه گیری در مورد بقیه عناصر قابل قبول میباشد.

### ۳-۵- جایگزینی داده های سنسورد

در محاسبه مقادیر زمینه، حدآستانه ای و آنومالی وجود داده های سنسورد (Censored) موجب ارزیابی های غیر دقیق می شود که برای رفع این مشکل باید داده های سنسورد تخمین زده شوند و جایگزین گردند. در نتایج آنالیز دستگاهی نمونه های محدوده مهاباد ۱ عناصر  $Cd, Te, Ag$  به ترتیب دارای مقدار بالایی از داده های سنسورد هستند. علاوه بر آن عناصر دیگری نیز هستند که به صورت محدود دارای داده های سنسورد میباشند (جدول ۳-۵).

جدول (۳-۵): تعداد داده های سنسورد نمونه های محدوده ۲۵۰۰۰/۱ مهاباد ۱

عنصر	Te	Ag	Cd	Au	Mo	W
تعداد داده سنسورد	431	422	392	33	4	1

عناصر  $Cd$  و  $Ag, Te$  به دلیل تعداد زیاد داده های سنسورد از داده پردازی حذف شدند. در مورد بقیه عناصر از روش جایگزینی ساده (جایگزینی مقادیر کمتر از حد حساسیت با  $3/4$  آن) برای تخمین مقادیر سنسورد استفاده شده است.

### ۳-۶- بررسیهای آماری تک متغیره

این مطالعات شامل محاسبه پارامترهای آماری، رسم نمودار هیستوگرام (نمودار فراوانی به صورت ستونی) و نمودار  $Q-Q$  داده ها و نرمال سازی می باشد که نتایج آن به صورت مختصر در زیر ارائه می شود:

### ۳-۶-۱- محاسبه پارامترهای آماری

مهمترین و جامع ترین اطلاعات آماری را با محاسبه پارامترهای آماری داده های یک جامعه آماری (در اینجا تمرکز عنصر در رسوبات آبراهه ای) را می توان به دست آورد. برای اطلاع از میانگین غلظت عناصر مختلف، نحوه پراکندگی داده ها حول میانگین و نوع تابع توزیع غلظت آماره های مربوطه محاسبه شده اند. این پارامترهای آماری عبارتند از میانگین، انحراف معیار، ضریب تغییرات، چولگی و کشیدگی که به همراه کمینه و بیشینه غلظت عناصر برای ۴۲ عنصر در ۴۳۱ نمونه از داده های پروژه حاضر محاسبه شده اند و نتایج آن در جدول ۳-۶ آمده است.

### ۳-۶-۲- رسم نمودارها

نمودارهای مورد بررسی هیستوگرام و نمودار  $Q-Q$  هستند که از روی هیستوگرام سه ویژگی مهم موقعیت (با توجه به میانگین و میانه ومد جامعه)، پراکندگی و شکل منحنی تابع توزیع را می توان دریافت و نمودار  $Q-Q$  نحوه توزیع مقادیر جامعه نمونه برداری (روی محور افقی) را نسبت به مقادیر مورد انتظار از یک جامعه نرمال (روی محور عمودی) نشان می دهد. اگر جامعه نزدیک به نرمال باشد این نمودار تقریباً روی خط ۴۵ درجه قرار می گیرد.

هیستوگرام ها و نمودار  $Q-Q$  داده های خام برای عناصر مختلف در پیوست شماره ۳ آورده شده اند. که با توجه به این نمودارها و جدول پارامترهای آماری می توان میزان تقریبی نرمال بودن یا انحراف از توزیع نرمال برای داده های خام عناصر مختلف را مشاهده نمود.

جدول (۳-۶) : پارامترهای آماری داده های خام محدوده ۱/۲۵۰۰۰ مهآباد ۱

Element	N	Min	Max	Mean	STD	CV%	Skewness	Kurtosis
Au	431	<1	10	1.35	0.87	64	4.47	35.37
Al	431	3.44	9.75	6.32	0.89	14	-0.11	2.95
Ca	431	0.44	15.9	5.69	3.74	66	0.59	2.67
Co	431	10	45	20.86	5.08	24	0.67	4.73
Cr	431	50	450	103.78	40.09	39	3.13	20.87
Cu	431	14	232	39.74	22.68	57	3.44	18.26
Fe	431	2.56	7.43	4.34	0.78	18	0.49	3.22
K	431	0.935	4.79	2.22	0.58	26	0.74	4.29
Mg	431	0.66	6.47	1.6	0.6	37	3.56	22.76
Mn	431	284	14300	1145.94	762.05	66	2.02	9.58
Na	431	0.2	1.71	0.64	0.22	33	1.6	7.33
Ni	431	46	360	100.62	27.14	27	0.95	6.26
P	431	350	2650	823.67	301.7	37	2.25	10.27
S	431	100	2500	509.51	304.14	60	2.92	14.09
Sc	431	8	30	13.05	2.63	20	1.7	10.13
Ti	431	0.235	1.54	0.47	0.13	29	3.01	18.34
V	431	55	170	105.48	19.15	18	0.42	3.26
Zn	431	42	1140	104.14	65.82	63	3.68	26.32
As	431	3	827	32.6	64.44	198	5.8	47.21
Ba	431	199	9450	1010.14	1219.74	121	3.8	19.84
Be	431	0.6	4.9	1.34	0.45	33	2.43	16.41
Bi	431	0.1	5.3	0.37	0.46	123	5.71	47.7
Ce	431	29.5	157	64.21	13.6	21	2.04	11.6
Cs	431	2.5	50.7	6.09	4.87	80	5	35.38
La	431	14.9	76.8	32.2	6.38	20	2.08	11.94
Li	431	16.5	83	29.74	7.55	25	2.47	14.93
Mo	431	<0.5	7	1.47	0.63	43	2.83	18.91
Nb	431	8	98.5	18.2	6.56	36	5.2	56.47
Pb	431	10	341	28.2	32.11	114	5.22	39.84
Rb	431	46.2	188	91.79	19.93	22	0.8	5.03
Sb	431	0.4	19.8	2.01	1.72	86	4.33	34.99
Sn	431	<1	9	2.71	0.82	30	2.4	15
Sr	431	52	775	184.43	93.4	51	2.37	12.59
Th	431	4.1	18.4	9.61	1.97	21	0.74	4.46
Tl	431	0.3	6	0.64	0.48	75	6.22	54.29
U	431	1.3	4.5	2.2	0.44	20	1.13	5.87
W	431	<0.5	5	1.64	0.68	41	1.92	8.42
Y	431	12.1	42.8	22.87	4.06	18	1.04	5.82
Zr	431	50	336	118.93	29.67	25	2.46	16.92

### ۳-۶-۳- نرمال سازی داده های خام و بررسی پارامترهای آماری داده های نرمال

اکثر محاسبات و روشهای آماری نیازمند داده های نرمال شده هستند. چنانچه منحنی توزیع یک مجموعه از داده ها مطابق با منحنی توزیع نرمال باشد آن منحنی را یک منحنی نرمال و آن مجموعه داده ها را داده های نرمال گویند از خصوصیات یک توزیع نرمال می توان کشیدگی در حد ۳، چولگی صفر، انطباق سه آماره میانگین و میانه و مد، شکل زنگی متقارن و... را نام برد. در این پروژه عناصری که احتمال ناهنجاری بودن آنها وجود داشته بعلاوه عناصر پاراژنز آنها، برای بررسیهای آماری بیشتر انتخاب شده اند که شامل ۱۶ عنصر  $Au, Cr, Cu, Mn, Zn, As, Ba, Be, Bi, Mo, Pb, Sb, Sr, Co, Fe$  می باشد که از بین این عناصر  $Co, Fe$  دارای توزیع نرمال و بقیه دارای توزیع نرمال لگاریتمی هستند. که البته نرمال سازی برخی از این عناصر با خارج کردن داده های خارج از ردیف (outlier) صورت گرفته است. مشابه جدول ۳-۶ پارامترهای آماری داده های نرمال شده در جدول شماره ۳-۷ ارائه شده است. همچنین برای مقایسه، هیستوگرام و نمودار Q-Q داده های نرمال به همراه داده های خام در پیوست شماره ۳ آورده شده است.

جدول (۳-۷): پارامترهای آماری داده های نرمال شده محدوده ۲۵۰۰۰/۱مهباد ۱

Element	N	Minimum	Maximum	Mean	STD	CV%	Skewness	Kurtosis
LN(Au)	431	-0.36	2.30	0.19	0.42	2.23	1.51	5.41
LN(Cr)	431	3.91	6.11	4.59	0.31	0.07	0.82	5.00
LN(Cu)	431	2.64	5.45	3.59	0.38	0.11	1.42	6.08
LN(Mn)	431	5.65	9.57	6.97	0.35	0.05	0.25	4.97
LN(Ni)	431	3.83	5.89	4.58	0.23	0.05	-0.18	3.98
LN(Zn)	431	3.74	7.04	4.57	0.33	0.07	1.16	6.24
LN(As)	431	1.10	6.72	3.09	0.69	0.22	1.14	5.88
LN(Ba)	431	5.29	9.15	6.59	0.69	0.10	1.43	4.91
LN(Be)	431	-0.51	1.59	0.25	0.30	1.23	0.16	4.49
LN(Bi)	431	-2.30	1.67	-1.26	0.62	-0.49	1.68	6.37
LN(Mo)	431	-0.69	1.95	0.32	0.35	1.10	0.41	3.70
LN(Pb)	431	2.30	5.83	3.13	0.53	0.17	1.84	7.27
LN(Sb)	431	-0.92	2.99	0.48	0.62	1.28	0.52	3.54
LN(Sr)	431	3.95	6.65	5.12	0.44	0.09	0.33	3.37

### ۷-۳- بررسی های آماری چند متغیره

بطور کلی دو مزیت عمده در بررسیهای آماری چند متغیره وجود دارد. نخست آنکه هاله های مرکبی که از روشهای آماری چند متغیره بدست می آید نسبت به سیمای ساختمانی، زمین شناسی و ماهیت ژنتیکی نهشته های کانساری رابطه نزدیکتری را نشان می دهند و در نتیجه ارتباط میان عناصر بهتر مشخص می شود. دوم آنکه بوسیله هاله های مرکب می توان خطاهای تصادفی، تعداد داده ها و نقشه ها را به حداقل رسانده و به نتایج کار آمدتری دست یافت. روی هم رفته، شناخت بستگی های ژنتیکی که در میان عناصر وجود دارد، اطلاعات لازم را در راستای تفسیر هر چه صحیح تر داده های ژئوشیمیایی در اختیار می گذارد.

در این پروژه برای بیان ارتباط ژنتیکی، از ضرائب همبستگی عناصر مختلف با یکدیگر و تجزیه و تحلیل خوشه ای و تجزیه عاملی استفاده شده است. از روش تجزیه عاملی، همچنین برای رسم نقشه های چند متغیره (نقشه های فاکتوری) استفاده گردیده است.

### ۷-۳-۱- محاسبه و رسم ضرائب همبستگی عناصر

ضریب همبستگی و بررسی تغییرات آن در مراحل اکتشافی و به ویژه در اکتشافات ژئوشیمیایی کاربرد گسترده ای دارد. برای محاسبه ضرایب همبستگی از تابع ضریب همبستگی رتبه ای پیرسون (**pearsons Correlation Coefficient**) که تابع توزیع داده ها می باشد استفاده شد. که نتایج مربوط به آن به صورت ماتریس ضرایب همبستگی در جدول شماره ۳-۸ و سطح معنی دار بودن آنها در جدول ۳-۹ آورده شده است. این ماتریس ها با استفاده از نتایج آنالیز شیمیایی ۴۳۱ نمونه رسوب آبراهه ای برای ۳۹ عنصر در محدوده ۱/۲۵۰۰۰ مهاباد ۱ محاسبه شده است.

با توجه به ماتریس ضرایب همبستگی عناصر علاوه بر این که می توان وابستگی یا عدم وابستگی عناصر را مشاهده نمود، عناصری که مجاز به شرکت در آنالیز کلاستر و فاکتوری هستند نیز با توجه به ضریب همبستگی و سطح معنی دار بودن آن (جدول ۳-۹) مشخص می شوند. عنصر **Au** فقط با عناصر **Bi** و **Zn** دارای همبستگی کم و با بقیه عناصر همبستگی معنی داری ندارد. از عناصری که با یک تعداد از عناصر دیگر دارای همبستگی خوب هستند می توان عناصر **Fe, Cu, Mn, Zn, As, Ba, Bi, Mo** و **Co** را نام برد که بطور مثال **Fe** با عناصر **Ni, Ti** همبستگی خوبی دارد. وجود همبستگی عناصری چون مس با آنتیموان و بیسموت و باریم و مولیبدن با آنتیموان یا سرب با آنتیموان می تواند یکی از دلایل احتمال کانی سازی هیدروترمال و رگه ای در محدوده مورد مطالعه باشد.







### ۳-۷-۲- تجزیه و تحلیل خوشه ای (Cluster Analysis)

در این مرحله از داده پردازی از روش R-Mode که اساس آن مقایسه روابط و تعیین بستگی میان متغیرها (عناصر) در نمونه های مورد نظر است، استفاده شده است. در این روش گروه بندی داده ها با استفاده از روش سلسله مراتبی تجمعی انجام شد. پس از آن بهترین ساختار درختی (Dendrogram) که با زمین شناسی و خصلت ژئوشیمیایی داده های منطقه سازگاری دارد رسم گردید که دیاگرام مربوط به آن در شکل شماره ۳-۵ نشان داده شده است.

با توجه به ماتریس همبستگی عناصر (جدول ۳-۸) و نوع کانی سازی احتمالی در محدوده ۱/۲۵۰۰۰ مهاباد ۱ و نیز تعبیر و تفسیر ساده تر، از بین ۴۲ عنصر موجود تعداد ۱۷ عنصر مورد تجزیه و تحلیل کلاستر قرار گرفتند و نمودار ساختار درختی برای آنها رسم شد. شکل (۳-۵)

بیشترین میزان همبستگی بین عناصر مس با باریم (۰,۷۵) و آنتیموان (۰,۶۳) و بیسموت (۰,۵۸) بعنوان یک گروه است که با توجه به وجود رگه های باریت در منطقه احتمال دارد در حواشی این رگه ها کانی سازی مس وجود داشته باشد به شرطی که نقشه های فاکتوری این موضوع را (همپوشانی نقشه ژئوشیمی باریم و مس با هم و فاکتور مربوطه) را تایید کند. گروه دیگری که با همبستگی زیاد در شکل مشاهده می شود ارتباط عناصر آهن و تیتان و کبالت و با همبستگی کمتری کروم و نیکل است. سرب و روی با همبستگی زیاد و طلا با همبستگی کمتری با آنها در یک گروه قرار گرفته اند. نتایج نشان دهنده احتمال کانی سازی طلا با سرب و روی در محدوده مورد مطالعه است.

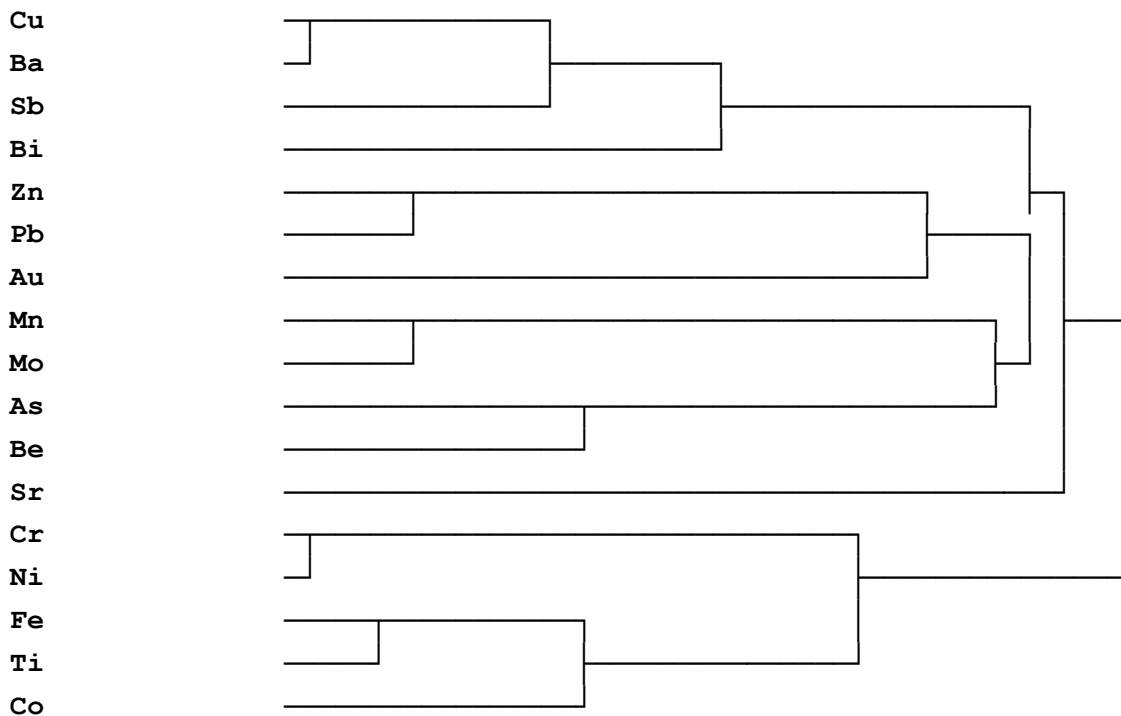
این گروه بندیها بر اساس همبدهای ژئوشیمیایی عناصر در منطقه مورد مطالعه انجام شده است که برای تعبیر و تفسیر بهتر باید به فرایندهای زمین شناسی و سنگ شناسی منطقه و شواهد صحرایی توجه شود و با رسم نقشه های چند عنصری (فاکتوری) و مشخص نمودن نواحی ناهنجار برای نسبت دادن هر گروه یا زیر گروه به تیپ های کانی سازی، یا یک گروه سنگی باید دقت نمود.

### ۳-۷-۳- تجزیه و تحلیل عاملی (Factor Analysis)

تجزیه عاملی تکنیکی آماری است که بین مجموعه ای فراوان از متغیرهایی که به ظاهر بی ارتباط هستند، رابطه خاصی را تحت یک مدل فرضی برقرار می کند. فرض اساسی در بکارگیری این روش، وجود الگوی زیر بنایی یا مدلی خاص در تعیین مفاهیم پیچیده ارتباطی بین متغیرها (در اینجا عناصر) است.

## HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS

Dendrogram using Centroid Method



شکل (۳-۴): نمودار درختی (Dendrogram) برای عناصر مختلف در محدوده مهآباد ۱

با توجه به ماتریس ضرائب همبستگی بین عناصر، عناصری که به نظر میرسد با سایر متغیرها وابستگی ضعیفی دارند یا وجود آنها با توجه به نوع کانی سازی در منطقه سبب پیچیدگی تعبیر و تفسیر نتایج می شود در آنالیز کلاستر شرکت داده نشده اند به این ترتیب از بین ۴۲ عنصر موجود تعداد ۱۷ عنصر مورد تجزیه و تحلیل کلاستر قرار گرفتند.

در این پروژه از روش آنالیز مؤلفه های اصلی (Principal Component Analysis) استفاده شده است که نتایج آن به صورت محاسبه پارامترهای مربوطه در جدول ۳-۱۰ آورده شده است. در این جدول پارامترهای ضریب KMO، دترمینان ماتریس ضرایب همبستگی و آزمون کرویت بارتلت (Bartlett's Test of Sphericity) صحت و تائید تجزیه عاملی در این پروژه را نشان می دهند.

با توجه به مقادیر ویژه ماتریس همبستگی، درصد تجمعی واریانس (جدول ۳-۱۰) و نمودار Scree plot (شکل ۳-۶) تعداد ۵ عامل (فاکتور) برای تجزیه و تحلیل مؤلفه ها می تواند مناسب می باشد که ماتریس ضرائب این عاملها (قبل از دوران) در جدول شماره (۳-۱۱) آورده شده است.

برای اینکه فاکتورهای ایجاد شده، شدیداً با عناصر وابسته یا مستقل از آنها باشند معمولاً دوران متعامد بر روی ضرائب عاملها (فاکتورها) اعمال می شود که این امر سبب ساده تر شدن تعبیر عاملها خواهد شد (جدول ۳-۱۱).

به این ترتیب فاکتور یک شامل عناصر  $Cr, Fe, Ni, Co, Ti$  است، عناصر  $Bi, Ba, Cu, Sb, M_2O$  در فاکتور دو ظاهر شده اند، فاکتور سه شامل عناصر  $Zn, Pb$  است، عناصر  $Mn, Be, As$  فاکتور چهار را تشکیل می دهند و فاکتور شماره پنج شامل عنصر  $Au, Mn$  (عنصر منگنز با ضریب منفی) می باشد.

برای رسم نقشه های فاکتوری برای تک تک نمونه ها امتیازات فاکتوری (۵ فاکتور) محاسبه می شود که برای اینکار با رگرسیون رابطه خطی بین عناصر و فاکتورها مشخص شده است که ضرایب مربوطه در جدول ۳-۱۲ آمده است. با توجه به ضرائب این جدول به تقریب روابط بین فاکتورها و عناصر را می توان بصورت زیر نوشت:

$$F1=0.84 (Co)+0.8 (Ni)+0.71 (Ti)+0.81(Fe)+0.77 (Cr)$$

$$F2=0.87 (Cu)+0.85 (Ba)+0.76 (Bi)+0.74 (Sb)+0.47 (Mo)$$

$$F3=0.84 (Pb) +0.88(Zn)$$

$$F4=0.78 (Be)+0.78 (As)+0.46 (Mn)$$

$$F5=0.74 (Au) -0.48 (Mn)$$

جدول (۳-۱۰): واریانس کلی فاکتورها و میزان مشارکت عناصر در محاسبات فاکتوری

Initial Eigenvalues				Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings			Communalities	
Component	Total	% of Var	Cum %	Total	% of Var	Cum %	Total	% of Var	Cum %	Element	Extraction
1	4.06	25.4	25.4	4.06	25.4	25.4	3.26	20.37	20.37	Au	0.62
2	3.02	18.88	44.28	3.02	18.88	44.28	3.12	19.53	39.89	Co	0.73
3	1.54	9.63	53.91	1.54	9.63	53.91	1.9	11.86	51.75	Cr	0.66
4	1.46	9.14	63.04	1.46	9.14	63.04	1.74	10.87	62.61	Cu	0.8
5	1.14	7.12	70.16	1.14	7.12	70.16	1.21	7.55	70.16	Fe	0.85
6	0.98	6.12	76.28							Mn	0.66
7	0.83	5.21	81.49							Ni	0.78
8	0.64	3.98	85.47							Ti	0.57
9	0.57	3.57	89.04							Zn	0.79
10	0.39	2.44	91.48							As	0.63
11	0.35	2.18	93.67							Ba	0.74
12	0.26	1.64	95.31							Be	0.68
13	0.26	1.63	96.94							Bi	0.71
14	0.21	1.28	98.22							Mo	0.55
15	0.16	1.01	99.23							Pb	0.74
16	0.12	0.77	100							Sb	0.72

KMO and Bartlett's Test		
Bartlett's Test of Sphericity	KMO	0.687
	Approx. Chi-Square	3366
	df	120
	Sig.	0
Determinant of Correlation Matrix		3.57E-04



شکل (۳-۵): نمودار صخره ای برای تعیین بهینه تعداد عاملها

جدول (۳-۱۱): ضرایب فاکتورها در حالت معمولی و دوران یافته (با دوران varimax)

	Component Matrix						Rotated Component Matrix				
	Component						Component				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
<b>Cu</b>	0.746	-	-	-0.192	0.014	<b>Co</b>	0.843	0.102	0.067	0.059	-0.068
<b>Fe</b>	0.745	0.312	0.336	-0.001	0.300	<b>Fe</b>	0.810	0.306	0.105	0.188	0.227
<b>Mo</b>	0.642	-	0.128	0.216	-0.152	<b>Ni</b>	0.808	0.011	-0.074	-0.034	-0.342
<b>Ba</b>	0.622	-	-	-0.114	-0.137	<b>Cr</b>	0.774	-0.107	-0.146	-0.010	-0.162
<b>Sb</b>	0.614	-	-	-0.056	-0.148	<b>Ti</b>	0.718	-0.066	0.141	0.012	0.160
<b>Mn</b>	0.571	0.012	0.079	0.264	-0.506	<b>Cu</b>	0.152	0.874	0.120	0.008	0.046
<b>Bi</b>	0.528	-	-	-0.109	0.325	<b>Ba</b>	-0.023	0.855	0.047	0.039	-0.095
<b>Cr</b>	0.277	0.758	-	-0.016	-0.021	<b>Bi</b>	0.073	0.760	-0.143	-0.029	0.328
<b>Ni</b>	0.393	0.749	-	-0.083	-0.207	<b>Sb</b>	-0.155	0.738	0.338	0.183	-0.039
<b>Co</b>	0.558	0.644	0.020	-0.071	0.036	<b>Mo</b>	0.108	0.468	0.324	0.457	-0.083
<b>Ti</b>	0.387	0.562	0.181	-0.104	0.237	<b>Zn</b>	0.086	0.037	0.876	0.022	0.101
<b>Zn</b>	0.377	-	0.717	-0.311	-0.031	<b>Pb</b>	-0.029	0.166	0.842	-0.030	0.030
<b>Pb</b>	0.379	-	0.602	-0.354	-0.114	<b>As</b>	0.006	-0.043	-0.121	0.784	-0.045
<b>As</b>	0.179	-	0.102	0.767	-0.051	<b>Be</b>	0.041	0.091	0.058	0.777	0.256
<b>Be</b>	0.357	-	0.216	0.667	0.214	<b>Au</b>	-0.052	0.124	0.162	0.152	0.740
<b>Au</b>	0.178	-	0.194	0.055	0.678	<b>Mn</b>	0.215	0.337	0.240	0.459	-0.479

این روابط بر حسب مقادیر غلظت استاندارد شده عناصر بر قرار می باشد. بنابراین برای هر نمونه ۵ مقدار (امتیاز) عاملی محاسبه می شود، که توسط داده های مربوط به این عاملها (پیوست شماره ۴) با رسم نقشه های فاکتوری می توان نواحی ناهنجار فاکتوری معرفی نمود. نقشه های فاکتوری بهتر از نقشه های تک عنصری سیمای ژئوشیمیایی منطقه را نشان می دهند هر چند تعبیر و تفسیر آنها مشکل تر است.

جدول (۳-۱۲): ضرایب فاکتوری محاسبه شده با تخمین رگرسیون خطی

Component Score Coefficient Matrix					
	Component				
	1	2	3	4	5
<b>Au</b>	0.026	-0.018	0.033	0.064	0.614
<b>Co</b>	0.259	0.000	0.017	-0.018	-0.003
<b>Cr</b>	0.242	-0.038	-0.072	-0.021	-0.068
<b>Cu</b>	0.023	0.309	-0.046	-0.105	0.009
<b>Fe</b>	0.258	0.048	-0.009	0.037	0.235
<b>Mn</b>	-0.003	0.060	0.094	0.238	-0.428
<b>Ni</b>	0.237	0.006	-0.035	-0.052	-0.228
<b>Ti</b>	0.243	-0.074	0.075	-0.031	0.187
<b>Zn</b>	0.023	-0.108	0.508	-0.048	0.046
<b>As</b>	-0.037	-0.084	-0.111	0.511	-0.043
<b>Ba</b>	-0.044	0.319	-0.080	-0.068	-0.120
<b>Be</b>	-0.009	-0.068	-0.038	0.475	0.203
<b>Bi</b>	0.028	0.295	-0.199	-0.101	0.264
<b>Mo</b>	-0.012	0.086	0.108	0.216	-0.106
<b>Pb</b>	-0.020	-0.043	0.480	-0.086	-0.027
<b>Sb</b>	-0.088	0.223	0.098	0.024	-0.095

### ۳-۱- روش تهیه نقشه های ژئوشیمیایی

در پروژه حاضر نقشه های ژئوشیمیایی به صورت طیفی رسم شده اند. هرچند رسم نقشه های طیفی با استفاده از داده های رسوبات آبراهه ای خالی از اشکال نیست اما نسبت به نقشه های نمادین (Symbol Map) الگوی توزیع عناصر را بهتر نشان می دهند، و در اکتشافات ژئوشیمیایی نیمه تفصیلی و تفصیلی از آن استفاده می شود.

در این پروژه ۱۶ برگ نقشه تک متغیره به صورت نقشه طیفی شامل عناصر **Co, Sb, Pb, Mo, Bi, Sr, Be, Ba, Zn, Fe, Mn, Ni, Cr, Cu, Au** رسم و در آلبوم نقشه ها در پیوست گزارش آمده است. در مورد بقیه عناصر به ارائه نتایج تجزیه شیمیایی آنها برای نمونه های مختلف در پیوست بسنده شده است. همچنین نقشه های طیفی برای فاکتورهای  $F_1$  تا  $F_5$  رسم شده است.

در این نقشه ها با نشان دادن توزیع ژئوشیمیایی عناصر با انتخاب طیفهای رنگی سعی شده است که نواحی ناهنجار محدوده اکتشافی مهاباد ۱ بهتر مشخص شوند. برای اینکار با توجه به میانگین ( $\bar{X}$ ) و انحراف معیار ( $S$ ) داده های نرمال شده از دامنه های سه گانه زیر در رسم نقشه ها استفاده شده است:

$$(۱) \text{ غلظتهای بزرگتر از } \bar{X} + 2.5S$$

$$(۲) \text{ غلظتهای از } \bar{X} + 1.5S \text{ تا } \bar{X} + 2.5S$$

$$(۳) \text{ غلظتهای از } \bar{X} + 0.5S \text{ تا } \bar{X} + 1.5S$$

که در آن از حدود تخمینی زمینه ( $\bar{X} + 0.5S$ )، آستانه ( $\bar{X} + 1.5S$ ) و ناهنجاری درجه اول ( $\bar{X} + 2.5S$ ) استفاده شده است.

### ۳-۹-۳- تعبیر و تفسیر نقشه های ژئوشیمیایی

در این مرحله فقط شرح ناهنجاری درجه یک عنصر طلا به همراه عناصر پارازن آنها در محدوده مهاباد ۱ بعلاوه ناهنجاریهای چند عنصری (نقشه های فاکتوری) آورده شده است. تلاش شده است توضیحی نسبتاً مختصر و کامل از عیار هر عنصر، نشانی آنومالیهها، شماره و موقعیت نمونه های آنومال و انطباق آنومالیهای ژئوشیمیایی بر زونهای شکسته و گسله، واحدهای سنگ شناسی و ساختارهای زمین شناسی منطقه ارائه گردد. در ارزیابی نواحی ناهنجار معرفی شده برای این عناصر مرحله کنترل آنومالیهها نقش انکار ناپذیری را ایفا می کند.

برای عناصر مذکور در جدول ۳-۱۳ نمونه های ناهنجار به همراه مقادیر ناهنجاری ( غلظتهای بزرگتر از حد آستانه ای  $\bar{X} + 1.5S$ ) آمده است که در این بین ناهنجاریهای درجه اول ( غلظتهای بزرگتر از  $\bar{X} + 2.5S$ ) این عناصر نیز مشخص شده اند. این مقادیر ناهنجار به صورت نسبی محاسبه شده اند برای بررسی بیشتر باید به لیتولوژی محدوده های آنومالی و ضرایب غنی شدگی در آن، توجه کرد.

### ۳-۹-۱- عنصر Au

غلظت این عنصر در رسوبات آبراهه ای در محدوده مورد اکتشاف مهاباد ۱ از مقادیر کمتر از 1ppb تا 10ppb متغیر است. زمینه و حد آستانه ای آن به ترتیب ۱/۵ و ۲/۳ میلی گرم در تن می باشد.

جدول (۳-۱۰) مقادیر ناخالصی عناصر و ضرایب بزرگتر از حد استاندارد (X+1.5S) بهمهرا نمونه های ناخالص

S. No.	Alt	S. No.	Co	S. No.	Cr	S. No.	Cu	S. No.	Fe	S. No.	Mn	S. No.	Ni	S. No.	Pb	S. No.	Be	S. No.	Ba	S. No.	Bi	S. No.	Mo	S. No.	Pb	S. No.	Sb	S. No.	Sr				
144	10	69	45	69	450	209	232	149	7.43	368	14300	69	360	288	1140	128	827	210	9450	429	4.9	149	5.3	368	7.0	2	341	317	19.8	317	775		
346	8	37	40	37	350	319	168	409	6.97	80	3740	368	240	284	476	248	753	209	8810	126	3.9	209	4.0	20	4.0	288	333	319	12.0	281	759		
384	6	66	40	66	280	200	166	408	6.69	342	3470	37	218	116	466	122	406	317	7800	128	3.4	150	3.3	26	4.0	301	251	79	12.0	278	684		
151	4	67	35	239	280	289	164	37	6.48	319	3160	239	206	285	324	429	378	202	7440	319	3.3	317	2.4	149	4.0	327	241	318	9.8	217	591		
209	4	368	35	67	270	317	156	69	6.32	288	2860	66	200	350	292	368	299	207	7200	79	3.2	207	2.3	13	3.5	322	191	289	7.6	279	534		
307	4	38	35	38	250	297	154	66	6.15	190	2730	67	190	267	274	124	243	289	6240	124	2.9	336	2.1	319	3.5	350	125	321	7.0	272	506		
336	4	36	35	178	230	310	140	281	6.13	83	2710	406	166	347	268	131	222	318	6140	122	2.8	202	2.0	25	3.5	346	109	350	6.8	268	503		
412	4	197	35	256	220	202	116	33	6.00	191	2640	36	166	144	254	358	212	298	5750	333	2.6	142	2.0	179	3.5	317	101	345	6.8	248	462		
429	4	384	35	158	210	296	112	353	6.00	209	2580	256	164	95	228	193	155	200	5710	94	2.4	430	1.9	189	3.5	316	101	314	6.8	413	455		
82	3	256	30	128	210	298	110	142	5.97	344	2500	38	162	289	218	5	150	321	5560	131	2.3	208	1.7	297	3.5	357	101	190	6.6	372	445		
124	3	278	30	406	200	207	100	289	5.96	310	2370	240	160	118	218	371	128	310	5290	248	2.3	210	1.6	190	3.5	347	98	315	6.4	373	441		
134	3	34	30	36	190	197	98	36	5.93	74	2340	13	156	265	204			191	5000	381	2.3	147	1.6	24	3.0	326	97	191	6.2	339	438		
142	3	408	30	19	190	149	96	239	5.91	317	2310	33	154	316	204			300	4870	349	2.2	205	1.4	94	3.0	345	94	327	6.0	274	413		
143	3	58	30	179	190	318	94	34	5.91	179	2190	39	148	327	202			204	4660	384	2.2	143	1.4	126	3.0	321	94	342	5.6	371	401		
147	3	39	30	154	190	204	92	310	5.90	77	2180	258	148	117	200			312	4420	310	2.1	412	1.2	162	3.0	323	94	310	5.6	67	392		
150	3	239	30	156	180	331	92	67	5.84	321	2020	197	144					296	4320	350	2.1	204	1.2	150	3.0	339	92	149	5.6	280	380		
162	3	279	30	33	180	322	88	38	5.84	289	2000	63	142					314	3920	323	2.1	200	1.2	46	3.0	411	92	313	5.6	282	363		
206	3	70	30	246	180	208	80	238	5.80									190	3790	358	2.1	247	1.2	191	3.0	116	92	316	5.2	406	355		
288	3	406	30	139	180	210	80	278	5.78									316	3750	382	2.1			288	2.5	287	86	300	5.2	351	353		
289	3	386	30	71	180	261	80	279	5.78									414	3510	380	2.1			350	2.5	284	86	297	5.0	37	349		
306	3	244	30	180	180	332	80	384	5.78									179	3470	10	2.1			385	2.5	289	80	209	5.0	122	345		
324	3	4	30	161	180	314	80	202	5.75									297	3300					273	2.5	267	79	288	5.0	270	342		
325	3	2	30	39	170	301	78	319	5.73									77	3130					310	2.5			301	5.0	356	330		
352	3	238	30	164	170	312	78	297	5.73									83	3000					306	2.5			267	4.8	368	326		
370	3	261	30	18	170	112	76	233	5.70									197	2870					342	2.5			323	4.8				
373	3	13	30	159	170	116	74	336	5.70									319	2790					207	2.5			336	4.8				
379	3	156	30					354	5.70									189	2760					205	2.5			341	4.6				
381	3	14	30					167	5.69															202	2.5			202	2.5				
382	3	294	30					406	5.65															209	2.5			267	2.5				
430	3	202	30					22	5.62															266	2.5			266	2.5				
		33	30					147	5.59																								
		209	30					197	5.59																								
		370	30					42	5.59																								
		15	30					398	5.58																								
								2	5.52																								



ناهنجاریهای با اهمیت آن در جنوب غرب و شمال شرق منطقه (نقشه شماره ۲) واقع شده است. که شامل حوضه آبریز بالادست ایستگاههای نمونه برداری ۱۴۳، ۱۴۴، ۳۰۷، ۳۳۶، ۳۴۶ و ۳۸۴ می باشد. لیتولوژی این محدوده ها را دولومیت، سیلت و سنگ آهک مربوط به اینفراکامبرین تشکیل می دهند. همپوشانی خوبی بین عناصر **Pb** و **Bi** با عنصر طلا وجود دارد.

### ۳-۹-۲- عنصر Cu

غلظت این عنصر از مقادیر **14ppm** تا **232ppm** در رسوبات آبراهه ای محدوده در نوسان است، **44ppm** و **65ppm** مقادیر زمینه و حد آستانه ای آن هستند. با توجه به نقشه توزیع ژئوشیمیایی (نقشه شماره ۳) حوضه های آبریز شرق روستای عبدال آباد و نیکان لوجه یکی از مهمترین ناهنجاریهای عنصر مس می باشد. این محدوده ها از مساحت مناسبی برخوردار هستند. همچنین انطباق با ناهنجاری درجه اول عناصر **Ba, Sb, Sr, Bi, Zn, Mn** در روستای عبدال آباد بر اهمیت آن می افزاید. از دیگر ناهنجاریهای عنصر مس، حوضه آبریز بالادست ایستگاههای نمونه برداری ۲۰۹، ۲۰۸، ۲۰۷، ۲۰۰، ۲۰۴، ۲۰۲ می باشند.

### ۳-۹-۳- عنصر Zn

شاخصهای زمینه و حد آستانه ای عنصر روی محدوده مورد اکتشاف به ترتیب **114ppm** و **159ppm** است. که با توجه به آن حوضه آبریز بالادست ایستگاههای نمونه برداری ۲۸۸، ۳۵۰، ۲۸۵، ۲۸۴، ۱۱۷ و ۱۱۶ از مهمترین ناهنجاریهای این عنصر محسوب می شوند (نقشه شماره ۴). مقدار روی در نمونه های رسوب برداشت شده از محدوده از **42ppm** تا **1140ppm** در تغییر است.

### ۳-۹-۴- عنصر Pb

با توجه به نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های رسوب آبراهه ای، دامنه تغییرات مقدار سرب از **10ppm** تا **341ppm** است. بیشترین انتشار سرب به صورت ناهنجاری نسبتا وسیعی (در حدود ۷ کیلومتر مربع) در شمال شرقی محدوده مورد اکتشاف (نقشه شماره ۵) مشاهده می شود که به خوبی بر ناهنجاری عناصر **Ba, Sb, Sr, Bi, Zn, Cu, Mn** منطبق است ماسه سنگ و سنگ آهک لیتولوژی این منطقه را تشکیل می دهند.

#### ۴-۹-۵- عنصر Sb

دامنه تغییرات آنتیموان از مقادیر 0.4ppm تا 19.8ppm است. به طور کلی حد آستانه ای و حد ناهنجاری عنصر آنتیموان در محدوده زیاد بالا نمی باشد. مهمترین ناهنجاریهای این عنصر با توجه به غلظت نمونه شاهد آن، محدوده ای شامل حوضه آبریز بالادست ایستگاه نمونه برداری شماره ۳۱۷،۳۱۸،۳۱۹ در شمال شرقی منطقه (نقشه شماره ۸) است که بیشترین غلظت آنتیموان در رسوبات آبراهه ای آن 19.8ppm می باشد.

#### ۳-۹-۶- عنصر Ba

غلظت باریم از مقادیر 199ppm تا 9450ppm در رسوبات آبراهه ای محدوده در نوسان است، 1030ppm، 2047ppm و 4070ppm به ترتیب مقادیر زمینه، حد آستانه ای و حد ناهنجاری درجه اول آن هستند. با توجه به نقشه توزیع ژئوشیمیایی (نقشه شماره ۱۰) حوضه آبریز بالادست ایستگاههای نمونه برداری ۲۱۰، ۲۰۷، ۲۰۹، ۲۰۲، ۲۰۴، ۲۰۰، ۳۲۱، ۳۱۸، ۳۱۷ واقع در شرق و جنوب شرق روستاهای نیکان لوچه و عبدل آباد یکی از مهمترین ناهنجاریهای این عنصر می باشد که بر ناهنجاری درجه اول و دوم عناصر بیسموت، سرب، آنتیموان، منگنز و مس منطبق است لیتولوژی محدوده شامل آهک و ماسه سنگ و همچنین مجموعه ای از سنگهای ولکانیکی می باشد.

#### ۳-۹-۷- عناصر Be, Bi, As, Mo, Co, Cr, Fe

توزیع ژئوشیمیایی این عناصر در محدوده مهاباد ۱ در نقشه های ناهنجاریهای ژئوشیمیایی محدوده نشان داده شده است. به طور کلی شاخصهای زمینه، حد آستانه ای و حد ناهنجاری این عناصر در منطقه پایین بوده و ناهنجاری با اهمیت اکثر این عناصر بر محدوده های ناهنجاری دیگر عناصری چون Au, Cu انطباق دارند که برخی از این ناهنجاریها در جدول ۳-۱۴ آمده است.

#### ۳-۹-۸- فاکتور یک (F1)

نقشه فاکتور یک (نقشه شماره F1) توزیع ژئوشیمیایی چند عنصری شامل عناصر Ti, Co, Ni, Fe, Cr را نشان می دهد و ناهنجاریهای مربوط به آن شامل نواحی است که دارای غنی شدگی نسبی از این عناصر است.

مهمترین ناهنجاری آن، ناحیه نسبتاً وسیعی (حدود ۴ کیلومتر مربع) در جنوب شرقی محدوده مهاباد ۱ را شامل می شود. به نظر می رسد این محدوده ناهنجاری چند

جدول (۳-۱۴): آنومالیهای ژئوشیمیایی عناصر Fe, Cr, Co, Mo, As, Bi, و Be در محدوده ۱/۲۵۰۰۰ مهاباد ۱

اولویت بندی آنومالیا	موقعیت جغرافیایی	نمونه های ناهنجاری به همراه عیار عنصر (ppm)	انطباق با ناهنجاریهای ژئوشیمیایی
ناهنجاری شماره یک آرسنیک	جنوب غرب محدوده	۱۲۲ (۴۰۶)، ۱۲۴ (۲۴۳)، ۳۵۸ (۲۱۲)	با ناهنجاریهای درجه یک و دو بریلیم و درجه سه طلا
ناهنجاری شماره دو آرسنیک	شمال روستای قره بلاغ	۱۹۳ (۱۵۵) ۲۴۸ (۷۵۳)	با ناهنجاریهای درجه یک روی و بریلیم
ناهنجاری شماره یک بیسموت	جنوب غرب محدوده	(۲) ۱۴۲ (۱/۶) ۱۴۷ (۵/۳) ۱۴۹ (۳/۳) ۱۵۰	با ناهنجاری درجه یک طلا
ناهنجاری شماره دو بیسموت	شرق نیکان لوچه	(۴) ۲۰۹ (۲) ۲۰۷ (۲/۳)، ۲۰۵ (۱/۴) ۲۰۲	با ناهنجاری درجه یک باریم و مس
ناهنجاری شماره یک کبالت	جنوب روستای قره بلاغ	۳۷ (۴۰)، ۶۶ (۴۰)، ۶۹ (۴۵)	با ناهنجاریهای درجه یک، کروم و نیکل
ناهنجاری شماره یک مولیبدن	شمال روستای شیخامدریده	۱۹۰ (۳/۵)، ۱۸۹ (۳/۵)	-----
ناهنجاری شماره دو مولیبدن	جنوب روستای کپه کند	۳۶۸ (۷)	با ناهنجاریهای درجه یک آرسنیک، منگنز، نیکل
ناهنجاری شماره سه مولیبدن	شمال و شمال شرق روستای شیلان آباد	(۴) ۲۰ (۳/۵)، ۲۵ (۳/۵)، ۱۳ (۳/۵) ۲۶ (۴)	-----
ناهنجاری شماره یک کروم	جنوب روستای قره بلاغ	(۲۸) ۶۹ (۳۴)، ۶۷ (۳۴)، ۶۸ (۲۴) ۳۸ (۳۰)، ۳۷ (۳۶)	با ناهنجاریهای درجه یک کبالت و نیکل
ناهنجاری شماره یک بریلیم	شمال شرق روستای لاجین	(۲/۳) ۱۳۱ (۲/۸)، ۱۲۲ (۲/۸)، ۱۲۸ (۳/۴) ۴۲۹ (۴/۹)، ۱۲۴ (۲/۹)	با ناهنجاری درجه یک آرسنیک

عنصری، انعکاسی از شرایط لیتولوژی خاص آن باشد تا ناشی از کانی سازی عناصر مذکور، هرچند بر ناهنجاری درجه یک عناصر آهن، کبالت و نیکل نیز منطبق است.

### ۳-۹-۹- فاکتور دو (F2)

این فاکتور از ترکیب خطی عناصر **Bi,Cu,Ba,Mo,Sb** تشکیل شده است و توزیع ژئوشیمیایی آن در نقشه شماره **F2** نشان داده شده است. که غنی شدگی نسبی از این عناصر به صورت ناهنجاری در شمال شرقی و شرق محدوده مهاباد ۱ دیده می شود که در ارتباط با مجموعه ریولیتی ولکانیکهای این منطقه می باشند و همانطور که انتظار می رود با ناهنجاری عناصر بیسموت، باریم، آنتیموان و مس همپوشانی دارد.

### ۳-۹-۱۰- فاکتور سه (F3)

ناهنجاریهای مربوط به این فاکتور شامل نواحی است که دارای غنی شدگی نسبی از عناصر **Zn,Pb** می باشند که بر روی نقشه شماره **F3** مشخص شده اند. این ناهنجاریها شامل ناهنجاریهای عناصر **Zn,Pb** هستند که در شمال شرق و جنوب شرق محدوده مهاباد ۱ گسترش دارند.

### ۳-۹-۱۱- فاکتور چهار (F4)

ترکیب خطی عناصر **Be ,Mn ,As** عناصر تشکیل دهنده فاکتور چهار هستند. که توزیع ژئوشیمیایی آن در نقشه شماره **F4** نشان داده شده است و ناهنجاریهای مربوط به این فاکتور نواحی که دارای غنی شدگی نسبی از عناصر مذکور هستند را شامل می شود که شامل مناطقی در جنوب غرب و شرق محدوده مهاباد ۱ است.

### ۳-۹-۱۲- فاکتور پنج (F5)

ناهنجاریهای مربوط به این فاکتور شامل نواحی است که دارای غنی شدگی نسبی از عناصر **Au** و تهی شدگی نسبی از عنصر **Mn** می باشند (نقشه شماره ۲۲). با توجه به نقشه های تک عنصری این نواحی ناهنجار همانطور که انتظار می رود بیشتر با ناهنجاریهای ژئوشیمیایی درجه یک عنصر طلا انطباق دارد.

### ۳-۱۰- معرفی مناطق امید بخش ژئوشیمیایی

با توجه به نقشه های توزیع ژئوشیمیایی تک عنصری و چند عنصری (نقشه های فاکتوری)، مهمترین ناهنجاریهای ژئوشیمیایی مشخص شده بر روی آنها و زمین شناسی محدوده تعدادی منطقه امیدبخش در محدوده مورد اکتشاف مهاباد ۱ معرفی گردیده است که بر روی نقشه شماره ۳۱ مشخص شده اند. نتایج حاصل نشاندهنده هفت محدوده امیدبخش برای عناصر طلا، جیوه، آرسنیک، سرب، روی، مس و مولیبدن می باشد. این مناطق باید با نتایج حاصل از اکتشافات کانی سنگین مقایسه شوند تا محدوده های مهم برای پی جویی و برداشت نمونه های مینرالیزه تعیین گردند.

## فصل چهارم:

### اکتشافات کانیهای سنگین در محدوده مهاباد ۱

#### ۴-۱ مقدمه

نمونه برداری از رسوبات و نهشته‌های آبرفتی برای مطالعه کانی‌های سنگین، یکی از روش‌های تعیین کننده و شاخص در شناسایی و معرفی مناطق امیدبخش معدنی به شمار می‌آید. تجربه‌های سال‌های اخیر نشان داده است که روش‌های آنالیز دستگامی بر روی نمونه‌های ژئوشیمیایی به تنهایی نمی‌تواند راهنمای مناسبی در جهت دستیابی به مناطق امیدبخش معدنی گردد. مزیت‌های زیادی در روش مطالعه کانی‌های سنگین وجود دارد که بصورت خلاصه به برخی از آنها اشاره می‌گردد:

- مطالعه مستقیم کانی و مشاهده گروه عمده کانی‌های اقتصادی.
- قرارگرفتن قریب به اتفاق کانی‌های ارزشمند و اقتصادی در گروه کانی‌های سنگین.
- شناخت فاز شکل‌گیری کانی‌ها و بکارگیری این اطلاعات در زمینه مطالعات فنی و اقتصادی و چگونگی بازیابی مواد معدنی، برای مثال با مطالعه کانی‌های سنگین می‌توان فازهای سولفیدی، اکسیدی، کربناتی، سیلیکاتی، عنصری و... کانی‌ها را شناسایی نمود.
- شناخت انحصاری برخی از کانی‌ها که تنها به روش مطالعه کانی‌های سنگین قابل شناسایی بوده است. برای مثال می‌توان به کانی‌های قیمتی و نیمه قیمتی نظیر گارنت، کربندوم، آندالوزیت، آمیتیست، الماس، بریل، کانی‌های عناصر خاکی کمیات (کلمبیت، تانتالیت، موناژیت، زنونیم و...) اشاره نمود.
- کسب اطلاعات ارزشمند از شکل، میزان گردشگی و اندازه کانی‌ها، که در بیشتر موارد معرف دوری و نزدیکی از منشاء کانی‌سازی و میزان فرسایش است.
- مشاهده همبودهای کانی‌های سنگین، که حتی در صورت فقدان کانی‌های ارزشمند تا حدود زیادی معرف پتانسیل حوضه‌های آبریز می‌باشد. برای مثال در پاره‌ای از موارد شناسایی کانی‌های باریت، پیریت، پیریت هماتیتی و لیمونیتی شده، گارنت و ... منجر به دستیابی نواحی ارزشمندی از کانسارهای سرب، روی و طلا شده است.
- یافتن الگوی پراکندگی رسوبات و تعیین وضعیت رخساره‌های سنگی یک ناحیه و خاستگاه بالقوه کانی‌های ارزشمند اقتصادی.

- مطالعه درجا و صحرائی نمونه‌های یک پروژه اکتشافی که در پی آن موجب صرفه‌جویی در هزینه و زمان می‌گردد.

در ناحیه مورد مطالعه و در وسعتی به تقریب ۱۵۴ کیلومتر مربع تعداد ۱۸۸ نمونه کانی سنگین از رسوبات بستر آبراهه‌ها برداشت شده که تراکم نمونه‌برداری به ازای هر کیلومتر مربع حدود ۱,۲ نمونه است. نمونه‌های برداشت شده به حجم ۱۰ لیتر و بدون دانه‌بندی و از رسوبات غیرهمگن برداشت شده‌اند. نمونه‌های کانی سنگین پس مراحل سرند، گل‌شویی، لاوک‌شویی و جدایش با مایع سنگین و مغناطیس‌های ویژه را پشت سر گذاشته و آماده مطالعه می‌گردند.

#### ۴-۲- آماده سازی نمونه‌های کانی سنگین

نمونه‌های برداشت شده را می‌توان در صورت امکان در همان محل برداشت نمونه و یا در یک ایستگاه مرکزی که در محل مناسبی در ناحیه مورد اکتشاف برپا می‌شود، شستشو و تغلیظ کرد. برای این کار می‌توان از کناره‌های رودخانه‌ها یا جویبارها و یا منابع آبی دیگر استفاده کرد. در مناطق خشک و کویری می‌توان از حوضچه‌های مصنوعی استفاده کرد.

مراحل شستشوی نمونه برداشت شده بترتیب زیر می‌باشد:

(الف)- ابتداء نمونه‌ای که حجم اولیه آن معین است، بوسیله یک سرند با دهانه پنج میلی‌متر الک می‌شود. عملیات سرند باید در محیط آب انجام شود بطوریکه تمامی ذرات ریزتر از پنج میلی‌متر از سرند عبور نمایند. ذرات روی سرند از نظر وجود آثار کانی‌سازی بررسی شده، و در صورت عدم مشاهده کانی‌سازی دور ریخته می‌شود. در صورتیکه علائمی از کانی‌سازی وجود داشته باشد، بایستی این بخش از نمونه‌ها را جهت مطالعات کانه‌نگاری و سنگ‌نگاری جداگانه بایگانی نمود.

(ب)- در مرحله گل‌شویی باید گل و مواد رسی بخش کوچکتر از پنج میلی‌متر، از طریق شستشو در یک طشتک پهن جدا گردد. نمونه بایستی بخوبی و با دقت زیاد گل‌شویی شده تا عاری از گل و مواد رسی باشد. زیرا وجود گل و مواد رسی در نمونه در جدایش اجزاء سبک و سنگین مشکل ایجاد می‌نماید.

(ج)- در مرحله لاوک‌شویی باید کانی‌های سنگین را از طریق لاوک‌شویی جدا کرد. برای شستشو با طشتک که معمولاً حالت نیمه مخروطی دارد باید آنرا با دو دست روی سطح آب حرکت داد.

عمل شستشو شامل سیکلی با سه نوع حرکت متوالی به شرح زیر می‌باشد. این حرکات آنقدر انجام می‌شود که تقریباً همه کانی‌ها و ذرات سبک خارج شوند.

- حرکت لرزاندن افقی مشابه سرندکردن

- کج کردن طشتک بطرف مخالف شخص شوینده و تخلیه آب داخل آن بدون اینکه ماسه‌ای از آن خارج شود.

- درحالی‌که طشتک در همین حالت مایل نگه داشته شده، باید آنرا وارد جریان آب کرد و سپس سریعاً آب آنرا تخلیه کرد. بدین ترتیب لایه سطحی ماسه بوسیله جریان آب خارج می‌شود. این حرکت باید حداکثر سه مرتبه تکرار شود.

- برگرداندن طشتک به حالت افقی و لرزاندن مجدد آن و تکرار کلیه مراحل.

(د) - جدایش با مایع سنگین: در این مرحله با استفاده از محلول بروموفرم با وزن مخصوص ۲/۸۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب کانی‌های سبک و سنگین از یکدیگر جدا می‌گردند. پس از جدایش بخش‌های سبک و سنگین، این بخش‌ها جهت زدودن آغشتگی بروموفرم با مایع استن شستشو می‌شوند. سپس حجم نمونه سنگین باقیمانده را در هوای آزاد خشک کرده، و حجم سنجی می‌گردد.

(ه) - جدایش بخش سنگین نمونه بوسیله آهنرباهای با بار معین: در این مرحله نمونه توسط آهنرباهای بابار معین، از نظر خاصیت مغناطیسی به سه بخش با خاصیت‌های مغناطیسی قوی (AA)، متوسط (AV) و بدون مغناطیسی (NM) تفکیک می‌شود. سپس هر یک از این بخش‌ها بطور جداگانه مورد مطالعه کانی‌شناسی قرار گرفته و نوع و درصد حجمی کانی‌ها در هر بخش محاسبه شده و در نهایت گرم در تن کانی‌ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

$$\frac{BY \cdot X \cdot D \cdot 10^4}{A \cdot C \cdot D'} = \text{گرم در تن}$$

A: حجم کل نمونه برداشت شده بر حسب سانتی‌متر مکعب.

B: حجم نمونه پس از لاوک‌شویی بر حسب سانتی‌متر مکعب.

C: حجم انتخابی نمونه جهت جدایش با مایع سنگین و مطالعه.

Y: حجم سنگین نمونه پس از جدایش با مایع سنگین.

D: وزن مخصوص کانی موردنظر.

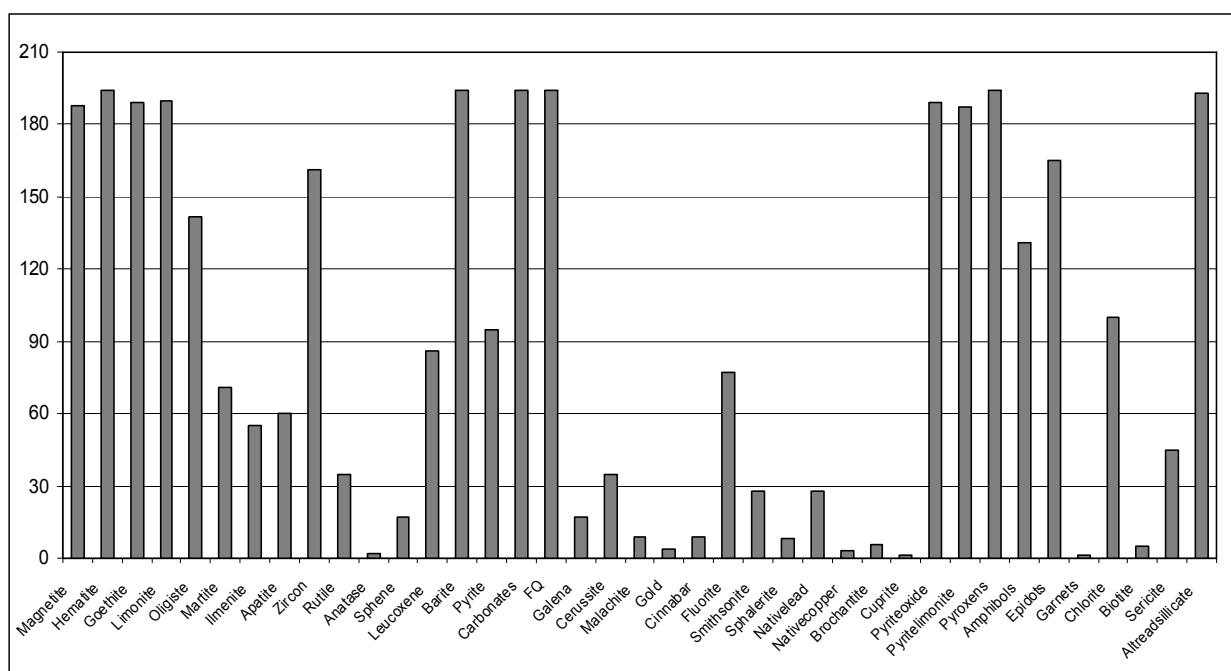
D': وزن مخصوص رسوب که حدود ۲/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته می‌شود.



مقادیر گرم در تن کانی‌های سنگین (کانی‌های کانسارساز و سنگ‌ساز) برای تمامی نمونه‌های کانی سنگین محدوده مورد مطالعه در پیوست ۵ آورده شده است. و برای مقایسه نمودار فراوانی کلیه کانیهای مشاهده شده در نمونه های کانی سنگین مطالعه شده در محدوده حاضر، در شکل شماره ۴-۱ نشان داده شده است.

برپایه نتایج بدست آمده از مطالعه نمونه های کانی سنگین در محدوده مورد مطالعه، کانی‌های سنگ‌ساز شامل آپاتیت، زیرکن، روتیل، آناتاز، اسفن، لوکوکسن، کربنات‌ها، فلدسپار، کوارتز، پیروکسن، آمفیبول، اپیدوت، کلریت، بیوتیت، سریسیت و سیلیکات‌های دگرسان یافته و کانی‌های کانسارساز شامل اکسیدهای آهن (منیتیت، پیریت‌های هماتیتی و لیمونیتی شده، هماتیت، لیمونیت، اولیژیست، گوتیت و مارتیت)، کانی‌های مس (مالاکیت، مس خالص، بروشانتیت، کالکوپیریت، کریزوکولا، کوپریت)، کانی‌های سرب (گالن، سروسیت، سرب خالص)، کانی‌های روی (اسفالریت، اسمیت‌زونیت)، ایلمنیت، طلا، کروندوم آبی‌رنگ، سینابر، باریت، فلوریت می‌باشد.

در این محدوده، کانی‌های کانسارساز و سنگ‌ساز به شرح زیر درجه‌بندی و توصیف شده‌اند.



شکل (۴-۱): نمودار فراوانی کلیه کانیهای مشاهده شده درنمونه های کانیهای سنگین درمحدوده مهاباد ۱

#### ۴-۳- کانی‌های خانواده سرب

برپایه مطالعات انجام شده بر روی نمونه‌های آبرفتی برداشت شده از حوضه‌های آبریز محدوده اکتشافی، از تعداد ۱۹۶ نمونه کانی سنگین (۷ نمونه از نمونه‌های کانی سنگین فاقد مختصات محل برداشت می‌باشند و بر روی نقشه آورده نشده‌اند) ۴۵ نمونه حاوی اثراتی پراکنده و جزئی (Pts) تا مقادیر درصدی از کانی‌های سرب در بخش غیرمغناطیسی (NM) نمونه‌های کانی سنگین می‌باشد. کانی‌های سرب شامل گالن، سروسیت، و سرب خالص می‌باشد.

**گالن:** در محدوده مورد مطالعه، از ۱۹۶ نمونه کانی سنگین ۱۷ نمونه کانی سنگین دارای گالن می‌باشد، که حدود ۹ درصد نمونه‌ها را شامل می‌شود. مقادیر گالن از ۰/۰۳ گرم در تن در نمونه شماره ۱۸۲ تا ۶۰ گرم در تن در نمونه شماره ۳۰۱ تغییر می‌کند، که در این میان مقادیر گالن در نمونه‌های (۶۰ppm)، ۳۰۱ (۰/۷۲ppm)، ۴۲۳ (۰/۶۸ppm)، ۳۲۶ (۰/۵۸ppm)، ۲۶۵ (۰/۵۸ppm)، ۸۲ (۰/۵۸ppm)، ۳۴۴ (۰/۵۴ppm)، ۴۳۰ (۰/۴۵ppm) و ۴۲۷ (۰/۴ppm) قابل ملاحظه است.

**سروسیت:** در این محدوده از ۱۹۶ نمونه کانی سنگین تعداد ۳۵ نمونه دارای سروسیت می‌باشد، که حدود ۱۸ درصد نمونه‌ها را شامل می‌شود. مقادیر سروسیت از ۰/۰۲ گرم در تن در نمونه شماره ۱۸۳ تا ۶/۵ گرم در تن در نمونه شماره ۳۰۱ تغییر می‌کند، که در این میان مقادیر سروسیت در نمونه‌های

(۶/۵ppm)، ۳۰۱ (۰/۴۷ppm)، ۳۲۶ (۰/۴۷ppm)، ۳۴۴ (۰/۴۷ppm)، ۴۲۳ (۰/۴۲ppm)، ۱۳۴ (۰/۳۱ppm)، ۳۴۳ (۰/۲۶ppm)، ۴۳۰ (۰/۲۶ppm)، ۳۲۷ (۰/۲۶ppm)، ۲۶۵ (۰/۲۵ppm)، ۴۲۷ (۰/۲۴ppm)، ۸۱ (۰/۲۴ppm)، ۳۴۳ (۰/۲۱ppm) چشمگیر است.

**سرب خالص:** در محدوده مورد مطالعه، از ۱۹۶ نمونه کانی سنگین تعداد ۲۸ نمونه حاوی سرب خالص می‌باشد که حدود ۱۵ درصد نمونه‌ها را دربرمی‌گیرد. مقادیر سرب خالص از مقدار کمینه ۰/۰۱ گرم در تن در نمونه شماره ۱۱۹ تا مقدار بیشینه ۰/۶۹ گرم در تن در نمونه شماره ۱۳۰ در تغییر است، که در این بین مقادیر سرب خالص نمونه‌های (۰/۶۹ppm)، ۱۳۰ (۰/۳۶ppm)، ۳۴۴ (۰/۳۶ppm)، ۱۳۴، ۴۲۹ (۰/۲۹ppm)، ۴۱۷ (۰/۲۹ppm)، ۳۴۳ (۰/۲۴ppm)، ۷۶ (۰/۲۱ppm) و ۱۵۳ قابل ملاحظه است.

در نقشه شماره ۲۵، تحت عنوان نقشه انتشار کانی‌های خانواده سرب، محدوده‌های ناهنجار کانی‌های این عنصر ثبت و درج شده است. برپایه این نقشه، بیشترین انباشتگی از کانی‌های سرب در رسوبات آبرفتی بخش‌های جنوب باختری و شمال خاوری محدوده اکتشافی بدست آمده است.

سنگ‌های محدوده ناهنجاری‌ها شامل گدازه‌های ریولیتی مه‌باد به سن پرکامبرین پسین، دولومیت‌های چرت‌دار و شیل‌های سیلتی و رسی سازند سلطانیه می‌باشند.

ناهنجاری‌های کانی‌های خانواده سرب انطباق خوبی با ناهنجاری‌های کانی‌های باریت، خانواده مس، طلا، سینابر، پیریت، خانواده روی و خانواده آهن نشان می‌دهند. در ضمن، ناهنجاری‌های کانی‌های خانواده سرب انطباق متوسط تا خوبی با ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی عناصر **Mn** و **Bi,Au,Ba,Cu,Pb** دارند.

#### ۴-۴- کانی‌های خانواده مس

یکی دیگر از اثرات کانی‌زایی در محدوده اکتشافی، مشاهده کانی‌های خانواده مس می‌باشد، از تعداد ۱۹۶ نمونه کانی ۱۱ نمونه حاوی اثرات پراکنده و جزئی از کانی‌های مس در بخش‌های غیرمغناطیسی (NM) و متوسط مغناطیسی (AV) نمونه‌های کانی سنگین هستند. کانی‌های مس دار در این محدوده عبارت از مالاکیت، مس خالص، بروشانیت و کوپریت است. نمونه‌های کانی سنگین دارای کانی‌های مس، حدود ۶ درصد کل نمونه‌ها را تشکیل می‌دهند.

در این محدوده، نه نمونه کانی سنگین حاوی ذراتی از مالاکیت بوده‌اند. مقادیر مالاکیت از کمینه ۰/۰۱ گرم در تن در نمونه شماره ۴۳۲ تا مقدار بیشینه ۰/۲۶ گرم در تن در نمونه شماره ۴۲۳ تغییر می‌نماید. نمونه‌های شماره‌های (۱/۰/۲۳ ppm)، (۰/۱۹ ppm)، (۰/۱۶ ppm)، (۰/۱۴ ppm)، (۰/۱۰ ppm)، (۰/۰۶ ppm)، (۰/۰۶ ppm) ۸۳ نیز حاوی مالاکیت هستند.

در محدوده مورد مطالعه نمونه‌های کانی سنگین شماره‌های (۰/۱۱ ppm)، (۰/۱۱ ppm)، (۰/۰۵ ppm)، (۰/۰۵ ppm) ۳۶۰ حاوی ذراتی از کانه مس خالص، نمونه‌های شماره‌های (۰/۰۳ ppm)، (۰/۰۳ ppm)، (۰/۰۹ ppm) ۴۰۳، (۰/۱۲ ppm) ۴۲۳، (۰/۱۴ ppm) ۴۲۷ و (۰/۹ ppm) ۳۴۳ دارای ذراتی از کانی بروشانیت و نمونه شماره (۰/۰۹ ppm) ۸۳ حاوی کوپریت هستند.

در نقشه شماره ۲۴، تحت عنوان نقشه انتشار کانی‌های خانواده مس، محدوده‌های ناهنجاری کانی‌های این عنصر نشان داده شده است. برپایه این نقشه، کانی‌های مس در رسوبات آبرفتی بخش‌های جنوب باختری و شمال خاوری محدوده اکتشافی ثبت شده‌اند.

سنگ‌های محدوده ناهنجاری‌ها، گدازه‌های ریولیتی پرکامبرین پسین و دولومیت و شیل‌های سازند سلطانیه است. ناهنجاری‌های کانی‌های خانواده مس با ناهنجاری‌های باریت، خانواده آهن، کانی‌های سرب، کانی‌های روی، پیریت و ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی عناصر **Pb, Cu, Bi, Ba, Au** انطباق متوسط تا خوبی نشان می‌دهند.

#### ۴-۵- کانی‌های خانواده روی

نتایج بدست آمده از مطالعه نمونه‌های کانی سنگین در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که از ۱۹۶ نمونه کانی سنگین ۲۷ نمونه حاوی اثراتی پراکنده و جزئی از کانی‌های روی (اسمیت زونیت و اسفالریت) در بخش غیرمغناطیسی نمونه‌های کانی سنگین می‌باشند، که حدود ۱۴ درصد کل نمونه‌ها را تشکیل می‌دهند.

مقادیر اسمیت زونیت در نمونه‌های کانی سنگین این محدوده از کمینه ۰/۰۲ گرم در تن در نمونه شماره ۸۰ تا مقدار بیشینه ۱/۳۱ گرم در تن در نمونه ۳۰۱ تغییر می‌کند، که در این بین مقادیر اسمیت زونیت نمونه‌های (۴۲۳ (۰/۲۸ ppm)، ۸۲ (۰/۲۵ ppm)، ۳۴۴ (۰/۲۱ ppm)، ۴۳۰ (۰/۱۷ ppm)، ۸۱ (۰/۱۶ ppm) و ۳۲۶ (۰/۱۶ ppm)، ۹۰ (۰/۱۵ ppm) قابل ملاحظه بوده است.

کانی اسفالریت در حد مقادیر خیلی جزئی (۱ و ۲ ذره) در نمونه‌های شماره (۳۰۱ (۰/۵۶ ppm)، ۴۲۳ (۰/۱۳ ppm)، ۴۳۰ (۰/۰۸ ppm)، ۸۲ (۰/۰۸ ppm) و ۳۲۶ (۰/۰۷ ppm) و ۲۶۵ (۰/۰۵ ppm)، ۴۲۱ (۰/۰۵ ppm) مشاهده شده است.

در نقشه شماره ۲۶ تحت عنوان نقشه انتشار کانی‌های خانواده روی، محدوده‌های ناهنجاری‌های کانی‌های این عنصر ثبت شده است. برپایه این نقشه، کانی‌های روی در رسوبات آبرفتی بخش‌های جنوب باختری و شمال خاوری محدوده اکتشافی تمرکز دارند.

سنگ‌های محدوده ناهنجاری‌ها شامل گدازه‌های ریولیتی پرکامبرین پسین، دولومیت‌های چرت‌دار و شیل‌های سیلتی - رسی سازند سلطانیه است. ناهنجاری‌های کانی‌های روی انطباق متوسط تا خوبی با ناهنجاری‌های باریت، کانی‌های مس، طلا، سینابر، پیریت، خانواده سرب و خانواده آهن و ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی عناصر **Mn و Zn, Bi, Au, Ba, Cu, pb** نشان می‌دهند.

#### ۴-۶- طلا

در محدوده مورد مطالعه، از ۱۹۶ نمونه کانی سنگین تنها ۴ نمونه حاوی ذراتی از کانه طلا می‌باشند، که حدود ۲ درصد نمونه‌های کانی سنگین را تشکیل می‌دهند. تعداد ذرات طلا یک ذره در نمونه‌های شماره‌های (۳۰ ppb)، (۳۰ ppb)، (۳۰ ppb)، (۳۰ ppb) و ۲ ذره در نمونه (۵۰ ppb)، بوده است. ذرات طلای مشاهده شده زاویه‌دار تا نیمه‌زاویه‌دار، و به شکل‌های فیلم و لامپی و ابعاد آنها از ۸۸ تا ۷۵ میکرون تغییر می‌نماید.

در نقشه شماره ۲۳ انتشار کانه طلا در رسوبات آبرفتی نشان داده شده است. گدازه‌های ریولیتی پرکامبرین پسین سنگ‌های محدوده‌های طلا دار را تشکیل می‌دهند. ناهنجاری‌های کانه طلا با ناهنجاری‌های خانواده مس، خانواده آهن، خانواده سرب، خانواده روی و ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی عناصر **Sb, Pb, Mn, Cu, Bi, Au, As** انطباق متوسط و خوبی نشان می‌دهد.

#### ۴-۷- سینابر

برپایه نتایج بدست آمده از مطالعه نمونه‌های کانی سنگین، از ۱۹۶ نمونه، تعداد ۹ نمونه حاوی ذراتی از کانی سینابر بوده است، که حدود ۵ درصد کل نمونه‌ها را تشکیل می‌دهند. مقادیر سینابر در نمونه‌های این محدوده از کمینه ۰/۰۴ گرم در تن در نمونه شماره ۱۱۴ تا بیشینه ۵/۵ گرم در تن در نمونه شماره ۱۶۳ تغییر می‌نماید. بطور کلی نمونه‌های ۱۶۳، (۶۸/۰/۳۴۷ ppm)، (۴۹/۰/۱۴۱ ppm)، (۳۶/۰/۹۰ ppm)، (۳۲/۰/۴۸ ppm)، (۲۹/۰/۸۱ ppm)، (۱۱/۰/۷۶ ppm) و ۹۱/۰/۰۶ ppm و ۱۱۴ حاوی سینابر می‌باشند.

سنگ‌های دربرگیرنده ناهنجاری سینابر عمدتاً شامل گدازه‌های ریولیتی پرکامبرین پسین و سازند دولومیتی و شیلی سلطانیه می‌باشد. در نقشه شماره ۲۳ انتشار کانی سینابر در رسوبات آبرفتی نشان داده شده است. ناهنجاری‌های سینابر در بخش جنوب باختری محدوده اکتشافی ثبت شده‌اند. ناهنجاری‌های کانی سینابر با ناهنجاری‌های کانی مس، کانی آهن، کانی سرب، پیریت، کانی‌های روی و ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی عناصر **Zn, Sb, Pb, Mn, Bi, Au** انطباق متوسط تا ضعیف نشان می‌دهد.

#### ۴-۸- باریت

باریت از کانی‌های ردیاب در معرفی نواحی کانسار ساز به شمار می‌رود. باریت از کانی‌های شاخص در بخش غیرمغناطیس نمونه‌های کانی سنگین است که بطور معمول در تشکیل کانسارهای مختلف و با منشاءهای گوناگون مشارکت دارد. مقادیر باریت در نمونه‌های کانی سنگین این محدوده از کمینه ۰/۰۱ گرم در تن در نمونه شماره ۸۷ تا بیشینه ۱۳۶۸ گرم در تن در نمونه ۲۲۵ تغییر می‌کند، که در این میان مقادیر باریت نمونه‌های (۱۳۶۸)، ۲۲۵، (۱۱۰۱)، ۱۹۳، (۹۵۶)، ۲۱۰، (۹۲۲)، ۳۱۲، (۴۴۱)، ۲۹۸ و (۴۰۳) ۱۹۸ چشمگیر بوده است.

در نقشه شماره ۳۰ انتشار کانی باریت در رسوبات آبرفتی محدوده اکتشافی نشان داده شده است. بیشتر ناهنجاری‌های کانی باریت در بخش‌های باختر و شمال خاوری محدوده مورد مطالعه پراکنده هستند. سنگ‌های محیط ناهنجاری‌های باریت شامل گدازه‌های ریولیتی پرکامبرین پسین و دولومیت‌های زردرنگ و کریستالیزه چرت‌دار با میان لایه‌هایی از شیل‌های سیلیسی و رسی سازند سلطانیه (پرکامبرین پسین) می‌باشد. ناهنجاری‌های باریت با ناهنجاری‌های کانی‌های خانواده مس، خانواده سرب و روی و ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی عناصر **Sb, Mn, Cu, Bi, Ba, Au, As** انطباق متوسطی نشان می‌دهند.

#### ۴-۹- کانی‌های خانواده آهن

در مطالعه حاضر، مجموعه کانی‌های منیتیت، هماتیت، گوتیت، لیمونیت و مارتیت تحت خانواده آهن نامگذاری شده‌اند. مقادیر کانی‌های آهن دار از کمینه ۹/۴ گرم در تن در نمونه ۲۵۴ تا بیشینه ۱۹۹۱ گرم در تن در نمونه ۱۳۰ تغییر می‌نماید، که در این مقادیر کانی‌های آهن دار نمونه‌های شماره‌های ۴۸، ۱۴۹، ۳۳۶، ۲۰۳، ۴۱۴، ۳۴، ۳۴۴، ۲۱۸، ۱۹۸، ۲۱۳، ۳۱۴، ۳۰۱، ۸، ۳۴۷، ۳۸۷، ۲۴۲ و ۵۲ قابل ملاحظه است.

در نقشه شماره ۲۷ انتشار کانی‌های خانواده آهن در رسوبات آبرفتی محدوده اکتشافی نشان داده شده است، بطوریکه از این نقشه برمی‌آید ناهنجاری‌های قوی کانی‌های خانواده آهن در جنوب باختر، باختر، شمال خاور و جنوب خاور محدوده اکتشافی پراکنده بوده و بر گدازه‌های ریولیتی و سازند دولومیتی و شیلی سلطانیه منطبق می‌باشند. ناهنجاری‌های کانی‌های خانواده آهن انطباق متوسط و خوبی با ناهنجاری‌های کانی‌های خانواده سرب و روی، خانواده مس، طلا، سینابر، باریت، ایلمنیت و ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی عناصر **Fe, Bi, Ba, Au, Mn, Pb, Cu** نشان می‌دهد.

#### ۴-۱۰- کانی‌های خانواده پیریت

در بررسی حاضر، مجموعه کانیهای پیریت، پیریت‌های هماتیته شده و لیمونیتی شده، تحت کانی‌های خانواده پیریت نامگذاری شده اند. مقادیر کانی‌های گروه پیریت از کمینه ۴/۵ گرم در تن در نمونه شماره ۴۱۷ تا بیشینه ۶۱۹ گرم در تن در نمونه ۱۳۰ تغییر می‌نماید، که در این میان مقادیر خانواده پیریت نمونه‌های (۶۱۹) ۱۳۰، (۱۷۶) ۳۴۳، (۱۶۰) ۳۴۴، (۱۵۰) ۲۱۳، (۱۳۲) ۳۴۷، (۱۳۰) ۳۱۴، (۱۲۱) ۸ و (۱۲۱) ۳۹۸ چشمگیر می‌باشد. برپایه نقشه مربوطه، انتشار کانی‌های خانواده پیریت بطور عمده در بخش‌های جنوب باختری و شمالی محدوده اکتشافی مشاهده می‌شود. سنگ‌های محدوده ناهنجاری‌های گروه پیریت گدازه‌های ریولیتی پرکامبرین پسین و گدازه‌های بازالتی کواترنری است.

ناهنجاری‌های کانی‌های پیریت با ناهنجاری‌های کانه طلا، باریت، خانواده سرب و روی، خانواده مس، سینابر و ناهنجاری ژئوشیمیایی عناصر **Cu, Bi, Ba, As** و **Pb** انطباق متوسط و خوبی نشان می‌دهد.

#### ۴-۱۱- سایر کانی‌های سنگین

افزون بر کانی‌هایی همچون طلا، سینابر، خانواده مس، خانواده سرب و روی، باریت، کانی‌های خانواده آهن، خانواده پیریت که در این بخش مطالعه گردید، کانی‌هایی همچون آپاتیت، زیرکن، روتیل، آناتاز، لوکوکسن، اسفن، فلدسپار، کوارتز، کربنات‌ها، سافیر و فلوریت در بخش غیرمغناطیسی و کانی‌های پیروکسن، آمفیبول، اپیدوت، کلریت، بیوتیت، ایلمنیت، سریسیت و سیلیکات‌های دگرسان یافته در بخش با خاصیت مغناطیسی متوسط (AV) نمونه‌های کانی سنگین نیز در این مطالعه گزارش شده است.

از آنجائیکه بسیاری از کانی‌های مذکور سنگ‌ساز بوده و یا برخی از کانی‌های کانسارساز نظیر کربندوم، فلوریت، ایلمنیت، روتیل که در حد مقادیر خیلی جزئی می‌باشند لذا از توصیف آنها جلوگیری بعمل آمده است. با وجود این، نقشه شماره 28 انتشار کانی‌های ایلمنیت و روتیل را در محدوده اکتشافی نشان می‌دهد، ولی نتایج سایر کانی‌ها در پیوست شماره ۵ گزارش آورده شده است.

#### ۴-۱۲- نتیجه‌گیری از مطالعه کانی‌های سنگین

مطالعه نمونه‌های کانی سنگین در محدوده اکتشافی حاضر، حکایت از کانی‌سازی عناصر باریم، سرب، مس، جیوه، طلا و روی در این ناحیه دارد. برپایه نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰/۰۰۰ مهاباد سنگ‌های درونگیر کانی‌سازی گدازه‌های ریولیتی، سازند دولومیتی و شیلی پرکامبرین پسین و گدازه‌های بازالتی کواترنری است. ناهنجاری‌های کانی‌های سنگین انطباق متوسط تا خوبی با یکدیگر و ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی نشان می‌دهند.

همیافتی کانی‌های سینابر، طلا، خانواده سرب، روی، مس و باریت به احتمال زیاد بیان از کانی‌سازی رگه‌ای اپی ترمال در این محدوده دارد. اگرچه سنگ‌های درونگیر کانی‌سازی سن‌پرکامبرین پسین دارند ولی کانی‌سازی با ماگماتیسیم‌های اسیدی ترشیاری (نئوژن) ناحیه در ارتباط است و سیالات گرمابی (هیپوژن) حاصل از این ماگماتیسیم‌ها سبب کانی‌سازی اپی ترمال در ناحیه شده است. نظیر این تیپ کانی‌سازی در نواحی تکاب و انگوران نیز رخ داده است. نتایج مطالعات این بخش بیان از کانی‌سازی ضعیف تا متوسط در این محدوده دارد، ولی اظهار نظر نهائی منوط بر نتایج مرحله کنترل ناهنجاری خواهد بود. نتایج بدست آمده از مطالعه کانی‌های سنگین بصورت نقشه تلفیقی کانی‌های سنگین مهم به شماره ۳۲ ارائه شده است.



## فصل پنجم:

### کنترل ناهنجاری ها و معرفی نواحی امید بخش

#### ۵-۱- کنترل ناهنجاری های ژئوشیمیایی و کانی سنگین

نتایج حاصل از مطالعات اکتشافات ژئوشیمیایی و کانی سنگین سبب می گردد تا نواحی امید بخش جهت کنترل ناهنجاریها معرفی گردند. کنترل صحرایی ناهنجاریهای ژئوشیمی و کانی سنگین نشاندهنده بعضی مناطق امیدبخش بوده که در این مرحله به برداشت نمونه های لیتو ژئوشیمی و کانی سنگین از این مناطق اقدام شده است و تعدادی از محدوده ها نیز مورد کنترل صحرایی قرار گرفته و با توجه به اینکه اثری از کانی سازی در آنها دیده نشده است نمونه ای از آن گرفته نشده است. در مرحله کنترل ناهنجاری تعداد ۳۰ نمونه کانی سنگین، تعداد ۳۰ نمونه سنگ از واحد حاوی کانی سازی باریم، سرب و ... و ۳ نمونه جهت انجام مطالعات کانه نگاری برداشت شده است، که در ادامه به شرح محدوده ها و نمونه های برداشت شده می پردازیم.

#### ۵-۱-۱- محدوده های عبدالله آباد

##### ۵-۱-۱-۱- محدوده جنوب غرب عبدالله آباد

این محدوده در مرحله اول مطالعات ژئوشیمیایی دارای آنومالی روی بوده و بررسی های چکشی در مرحله کنترل ناهنجاری، حکایت از سنگ های ریولیت سیلیسی، هماتیتی و لیمونیتی دارد (شکل ۵-۱)، که نمونه R-1 در مختصات ۵۷۶۱۳۳ شرقی و ۴۰۷۷۴۹۹ شمالی در زون ۴۰ UTM جهت آنالیز ICP برداشت شد و نتایج حاصل از آن نشاندهنده مقدار بالایی از باریم به مقدار حدود ۹۲۰۰ گرم در تن می باشد. برای بقیه عناصر مقادیر در حد زمینه است.

##### ۵-۱-۱-۲- محدوده شرق عبدالله آباد

این محدوده در آنالیزهای اکتشافات اولیه دارای آنومالی سرب، روی، باریم، مس و طلا بوده و به این جهت برای کنترل صحرایی انتخاب شد که پس از بررسی صحرایی شاهد واحد ولکانیکی حاوی اکسید آهن، رگه و رگچه های سیلیسی بوده که در برخی قسمتها به شدت خرد شده و در برخی قسمتها حاوی آثار آلتراسیون لیمونیتی

و هماتی می باشد. در این محدوده همچنین سیستم اپی ترمال وسیعی عمل کرده و باعث کانه‌زایی باریت در حداقل ۴ نقطه شده که دارای وزن مخصوص عالی بوده که هم اکنون در حال استخراج هستند. در یکی از معادن باریت کانه‌زایی سرب به صورت کانه گالن دیده می شود.



شکل ۵-۱- واحد ریولیت سیلیسی، هماتی و لیمونیتی شده.

در قسمتهایی از این محدوده رگچه‌های سیلیسی در داخل واحدهای ولکانیکی نفوذ کرده است. شکل‌های ۵-۲ تا ۵-۸ نقاط کنترل شده از این محدوده را نشان می‌دهند.

- در مختصات ۵۷۸۶۴۲ شرقی و ۴۰۷۷۳۸۳ شمالی در زون ۴۰ UTM نمونه R-2 از واحد ریولیتی با رگچه سیلیسی جهت آنالیز ICP برداشت شد. و مقدار باریم بیشتر از ۱۰۰۰۰ گرم در تن و مگنز این نمونه نیز در حدود ۸۲۷۰ گرم در تن است. و نتایج حاصل از آنالیز برای دیگر عناصر در حد ناهنجاری قابل توجهی نمی باشد.

- در مختصات ۵۷۸۷۴۰ شرقی و ۴۰۷۷۳۰۹ شمالی در زون ۴۰ UTM از واحد ولکانیکی حاوی اکسید آهن جهت آنالیز ICP نمونه R-3 برداشت شد. این واحد ولکانیکی دارای روند شمالی-جنوبی می باشد (شکل ۵-۲). مقدار عنصر نقره ۲,۳۳ و آرسنیک ۳۰۶۰ و باریم بزرگتر از ۱۰۰۰۰ گرم در تن است و مگنز در حد ۲۲۰۰۰ گرم در تن است.



شکل ۵-۲- واحد ولکانیکی سیلیسی شده حاوی اکسید آهن

در مختصات ۵۷۸۷۶۱ شرقی و ۴۰۷۷۱۱۴ شمالی در زون ۴۰ UTM که محل کنده کاری معدن باریت می باشد دارای آنومالی عنصر روی و سرب و باریم بوده و به همین دلیل مورد بازدید قرار گرفت که شاهد آثار گالن در داخل باریت بوده و همچنین اکسیدی شدن آهن در این محدوده بسیار قوی می باشد که نمونه R-4 و

R-5 و R-6 و R-7 جهت بررسی مقدار گالن و سایر عناصر همراه با اکسید آهن جهت آنالیز ICP برداشت شدند. (شکل ۳-۵). مقدار نقره از ۰,۵ تا ۶,۱ و آرسنیک از ۵۲۲ تا ۶۱۸ و مس از ۳۵۲ تا ۸۷۵ و منگنز تا ۳۲۰۰۰ و استرانسیم تا حدود ۴۰۰۰ گرم در تن متغیر است.



شکل ۳-۵- معدن باریت و محل برداشت نمونه‌های حاوی گالن

در مختصات ۵۷۸۳۲۸ شرقی و ۴۰۷۷۷۳۷ شمالی در زون ۴۰ UTM نمونه R-9 از واحد ولکانیکی دارای اکسید آهن جهت آنالیز ICP برداشت شد. این محدوده دارای روند شمال شرقی-جنوب غربی می باشد که دارای کانه‌زایی باریت و اکسید آهن که به شدت لیمونیتی شده و آثره شده است که دارای کانه‌زایی گالن می باشد. (شکل ۵-۵) نتیجه آنالیز نشان دهنده مقدار ۴۴۴۰ گرم در تن باریت است و عناصر دیگر مقدار قابل توجهی رانشان نمی دهند.

- در مختصات ۵۸۰۰۵۲ شرقی و ۴۰۷۷۸۸۱ شمالی در زون ۴۰ UTM از واحد ولکانیکی سیلیسی شده بازدید شد. در این محدوده سیستم هیدروترمال عمل کرده و باعث برشی شدن واحد ولکانیکی شده است. از این محدوده جهت آنالیز ICP نمونه R-11 برداشت شد. (شکل ۵-۶) نتیجه آنالیز نشاندهنده مقدار بیشتر از ۱۰۰۰۰ گرم در تن باریم است و عناصر دیگر مقدار قابل توجهی رانشان نمی دهند.



شکل ۵-۴- معدن باریت و محل برداشت نمونه‌های لیمونیتی شده

- در مختصات ۵۷۹۸۳۶ شرقی و ۴۰۷۸۰۷۴ شمالی در زون ۴۰ UTM واحد ولکانیکی که در آن رگه دارای کانه‌زایی باریت و اکسیدهای آهن (لیمونیت و هماتیت) دیده می شود. از این واحد جهت آنالیز ICP نمونه‌های R-12 و R-13 برداشت شدند. کانه‌زایی باریت ۳۰ سانتیمتر در ۲۰ متر رخنمون دارد. (شکل ۵-۷) مقدار استرانسیم ۲۷۰۰ گرم در تن است و عناصر دیگر مقدار قابل توجهی رانشان نمی دهند.

- در مختصات ۵۷۹۸۳۶ شرقی و ۴۰۷۸۰۷۴ شمالی در زون ۴۰ UTM دارای واحد ولکانیکی سیلیسی شده حاوی کانه‌زایی آهن که دارای روند شمال غربی-جنوب شرقی می باشد و دارای رخنمون ۳۰ متر در ۱۰۰ متر می باشد. این واحد سیلیسیفاید شده در راستای گسل رخ داده است. نمونه R-16 جهت آنالیز ICP برداشت شد. (شکل ۵-۸) نتیجه آنالیز نشاندهنده مقدار حدود ۶۸۸۰ گرم در تن باریم است و عناصر دیگر مقدار قابل توجهی رانشان نمی دهند.



شکل ۵-۵- کانه‌زایی باریت و اکسید آهن



شکل ۵-۶- برش ولکانیکی



شکل ۵-۷- واحد کانه‌زایی باریت



شکل ۵-۸: واحد ریولیتی سیلیسی شده

- در مختصات ۵۷۹۲۳۱ شرقی و ۴۰۷۹۲۸۲ شمالی در زون ۴۰ UTM واحد آتره شده که سیستمهای هیدروترمالی عمل کرده و باعث آتره شدن واحد ولکانیکی شده است. در این محدوده کانیهای آرژیلیک دیده می شود. نمونه R-17 از این محدوده جهت آنالیز ICP برداشت شد. رگچه های کلسیتی با روندهای مختلف در شکستگیها نفوذ کرده است و تشکیل شده است. (شکل ۵-۹) نتیجه آنالیز نشان دهنده مقدار حدود ۸۶۹۰ گرم در تن باریم است و عناصر دیگر مقدار قابل توجهی را نشان نمی دهند.



شکل ۵-۹- واحد آتره شده

در مختصات ۵۸۰۴۲۱ شرقی و ۴۰۷۷۶۵۷ شمالی در زون ۴۰ UTM نمونه R-24 از باریت و رگچه های باریت جهت آنالیز ICP برداشت شد (شکل ۵-۱۰). همچنین در مختصات ۵۷۹۸۳۶ شرقی و ۴۰۷۸۰۷۴ شمالی از واحد ولکانیکی نمونه R-25 جهت آنالیز ICP برداشت شد. نتایج آنالیز نشان دهنده مقدار نقره از ۰,۵ تا ۱,۱ گرم در تن و مقدار باریم از ۶۳۷۰ تا ۸۵۷۰ گرم در تن متغیر است و دیگر عناصر محدوده مقدار قابل توجهی را نشان نمی دهند.





شکل ۵-۱۰- واحد لیمونیتی - هماتی

#### ۵-۱-۱-۳- محدوده شمال عبدالله آباد

در مختصات ۵۷۶۴۹۰ شرقی و ۴۰۸۰۵۱۷ شمالی در زون UTM ۴۰ از واحد ولکانیکی حاوی کانه‌زایی آهن و کلسیت و باریت جهت آنالیز ICP نمونه R-20 برداشت شد. رخنمون این واحد در محدوده شمال عبدالله آباد ۴۰ در ۱۰۰ متر بوده و روند آن شمال غرب- جنوب شرق می باشد (شکل ۵-۱۱). این واحد دارای آلتراسیون لیمونیتی و آرژیلیکی بوده و پتانسیل کانه‌زایی طلا را دارد هرچند در آنالیز اولیه ۱۰ ppb طلا داشته است. ( نتیجه آنالیز نشان دهنده مقدار حدود ۴۴۶۰ گرم در تن باریم است و عناصر دیگر مقدار قابل توجهی را نشان نمی دهند.



شکل ۵-۱۱- واحد ولکانیکی دگرسان شده

#### ۵-۱-۲- محدوده قره بلاغ

. در مختصات ۵۷۶۴۹۰ شرقی و ۴۰۸۰۵۱۷ شمالی در زون ۴۰ UTM محدوده مورد نظر در آنالیز اولیه دارای آنومالی روی بوده که پس از بررسی صحرایی شاهد معدن باریت در حاشیه شمالی محدوده بوده که جهت کنترل از رگه باریت نمونه ای برداشت نشد و از سایر واحدها نمونه برداری شد که واحد لیمونیتی - هماتیتی جهت آنالیز ICP نمونه R-27 برداشت شد. (شکل ۵-۱۲). نتایج آنالیز نشاندهنده مقدار منگنز ۳۶۴۰۰ گرم در تن است و دیگر عناصر محدوده مقدار قابل توجهی را نشان نمی دهند.



شکل ۵-۱۲- واحد لیمونیتی و هماتیتی

#### ۵-۱-۳- محدوده شکم دریده

در مختصات ۵۷۳۵۰۰ شرقی و ۴۰۷۲۳۴۵ شمالی در زون ۴۰ UTM جهت آنالیز ICP نمونه R-30 برداشت شد. نتایج حاصل از آنالیز مقدار قابل توجهی را نشان نداده اند.

#### ۵-۱-۴- محدوده خاتون باغ ۱

در مختصات ۵۷۲۷۰۸ شرقی و ۴۰۷۳۹۹۸ شمالی در زون ۴۰ UTM شاهد واحد ولکانیکی آلتیره شده با اکسید آهن هستیم جهت آنالیز ICP نمونه R-31 برداشت شد که با توجه به نتیجه آنالیز این نمونه غلظت هیچ عنصری قابل توجه نیست. (شکل ۵-۱۳)



شکل ۵-۱۳- واحد ولکانیکی آتزه شده

#### ۵-۱-۵- محدوده خاتون باغ

در مختصات ۵۷۳۴۷۵ شرقی و ۴۰۷۴۵۸۸ شمالی در زون ۴۰ UTM سیستم هیدروترمالی با نفوذ خود در داخل ولکانیکها باعث دگرسانی و برشی شدن این واحدها شده است که در بعضی قسمتها برشی شدن از نوع هیدروترمالی می باشد. از واحد ولکانیک برشی شده جهت آنالیز ICP نمونه های R-33 و R-34 برداشت شدند (شکل ۵-۱۴). نتایج آنالیز نشان دهنده مقدار نقره از ۰,۲۵ تا ۲,۳۵ و مقدار باریم از ۴۲۴۰ تا ۹۲۱۰ و مقدار آرسنیک ۵۱۰ و بیسموت حدود ۳۹,۸ گرم در تن متغیر است و دیگر عناصر محدوده مقدار قابل توجهی را نشان نمی دهند.



شکل ۵-۱۴- واحد برشی شده

#### ۵-۱-۶- محدوده شمال لاله چین

در این محدوده دو نقطه مورد بازدید قرار گرفت.

- در مختصات ۵۶۹۰۷۳ شرقی و ۴۰۶۵۹۵۴ شمالی در زون ۴۰ UTM از واحدهای ولکانیکی حاوی رگچه‌های کلسیتی، سیلیسی، و اکسید آهن جهت آنالیز ICP نمونه‌های R-37 و R-38 برداشت شدند که نتایج حاصل از آنالیز مقدار قابل توجهی را نشان نداده اند

- در مختصات ۵۶۹۰۷۱ شرقی و ۴۰۶۶۱۶۹ شمالی در زون ۴۰ UTM از محل کنده کاری معدنی یک نمونه جهت آنالیز ICP به شماره R-39 برداشت گردید (شکل ۵-۱۵). نتایج حاصل از آنالیز مقدار قابل توجهی را نشان نداده اند.



شکل ۵-۱۵- محل کنده کاری قدیمی

#### ۵-۱-۷- محدوده جنوب لاله چین

در مختصات ۵۶۸۶۸۹ شرقی و ۴۰۶۵۹۸۵ شمالی در زون ۴۰ UTM از واحد آلتیره با کانیهای باریت و اکسید آهن نمونه R-43 جهت مطالعه مقطع صیقلی و نمونه شماره R-44 جهت ICP برداشت شدند (شکل ۵-۱۶). نتیجه آنالیز نشاندهنده مقدار حدود ۲۹۵۰ گرم در تن استرانسیم است و عناصر دیگر مقدار قابل توجهی را نشان نمی دهند.

#### ۵-۱-۸- محدوده شیلان آباد

در مختصات ۵۷۲۶۶۵ شرقی و ۴۰۶۲۸۱۱ شمالی در زون ۴۰ UTM در جنوب شرق روستای شیلان آباد در داخل واحدهای شیستی جهت آنالیز ICP نمونه R-47 برداشت شد (شکل ۵-۱۷). نتایج حاصل از آنالیز مقدار قابل توجهی را نشان نداده اند.



شکل ۵-۱۶: نمونه برداشت شده همراه با باریت و اکسید آهن



شکل ۵-۱۷- واحد شیستی شمال شیلان آباد

#### ۵-۱-۹- محدوده جنوب پیربالا

در مختصات ۵۶۷۴۱۶ شرقی و ۴۰۶۶۱۹۹ شمالی در زون ۴۰ UTM از واحد حاوی اکسید آهن و سیلیسی فایده شده و رگچه سیلیسی نمونه‌های R-49 جهت مطالعه مقطع صیقلی و نمونه R-50 جهت مطالعه ICP برداشت شدند (شکل ۵-۱۸). نتایج حاصل از آنالیز مقدار قابل توجهی را نشان نداده اند.



شکل ۵-۱۸- واحد هماتیتی، لیمونیتی و سیلیسی شده

#### ۵-۱-۱۰- محدوده سید آباد

در مختصات ۵۶۹۵۹۴ شرقی و ۴۰۶۸۱۰۹ شمالی در زون ۴۰ UTM از واحدهای ولکانیکی با روند ساختاری شمالغرب-جنوبشرق که حاوی کانیهای اپک (هماتیت و گالن؟) نمونه‌های R-56 جهت مطالعه مقطع صیقل و R-57 و R-58 و R-59 جهت مطالعه آنالیز ICP برداشت شدند (شکل ۵-۱۹). نتایج حاصل از آنالیز مقدار قابل توجهی را نشان نداده اند.





شکل ۵-۱۹: نمونه برداشته شده با آثاری از هماتیت

#### ۲-۵- بررسی نتایج کانیهای سنگین در مرحله کنترل ناهنجاری

از منطقه مورد نظر ۳۰ نمونه کانی سنگین برداشت شد که در جدول ۵-۱ شماره نمونه ها و مختصات آنها آورده شده است و خلاصه نتایج مطالعه این نمونه ها به صورت زیر می باشد:

- بر اساس مطالعه نمونه های کانی سنگین، آثاری از کانی زاییهای سرب، قلع، مس و سینابدر منطقه مشاهده شده است.

جدول (۵-۱): نمونه های کانی سنگین در مرحله کنترل ناهنجاریها

ردیف	شماره نمونه	X	Y	ردیف	شماره نمونه	X	Y
1	87_mh_001	576133	4077499	16	87_mh_025	578928	4076491
2	87_mh_002	578642	4077383	17	87_mh_027	574565	4068663
3	87_mh_003	578740	4077309	18	87_mh_030	573500	4072345
4	87_mh_004	578761	4077114	19	87_mh_031	572708	4073998
5	87_mh_005	578744	4077113	20	87_mh_033	573474	4074588
6	87_mh_006	578744	4077113	21	87_mh_034	573483	4074598
7	87_mh_007	578744	4077113	22	87_mh_037	569073	4065954
8	87_mh_009	578328	4077737	23	87_mh_038	569065	4065949
9	87_mh_011	580052	4077881	24	87_mh_039	569071	4066169
10	87_mh_012	579836	4078074	25	87_mh_044	568603	4066134
11	87_mh_013	579836	4078074	26	87_mh_047	572665	4062811
12	87_mh_016	579056	4079504	27	87_mh_050	567446	4066226
13	87_mh_017	579231	4079282	28	87_mh_057	569597	4068123
14	87_mh_020	576490	4080517	29	87_mh_058	569620	4068123
15	87_mh_024	580421	4077657	30	87_mh_059	568945	4070002

- حجم عمده فاز دیامغناطیس (NM) نمونه ها را کانی هایی مانند زیرکن، باریت، روتیل، کربناتها (کلسیت)، کوارتز و فلدسپار، پیریت، آپاتیت، آناتاز، لوکوکسن تشکیل می دهد. شایان ذکر میباشد که کانی باریت عمده ترین کانی مشاهده شده در این فاز یا به عبارتی در منطقه می باشد.

- کانی های هماتیت، پروکسن، لیمونیت، آمفیبول، گارنت، ایلمنیت، پیرولولزیت، الیوین، الیژیست، اپیدوت، گوتیت، مارتیت و پیریت اکسید در فاز پارامغناطیس (AV) حضور دارند. در فاز فرومغناطیس (AA) کانی مگنتیت مشاهده شده است.

- آثار کانی زایی سرب در منطقه به صورت کانی های گالن، سروزیت، پیرومورفیت، اکسید سرب و سرب آزاد میباشد که این آثار بر اساس مطالعه نمونه های کانی سنگین به صورت پراکنده در منطقه حضور دارد. گالن به دو شکل گالن های سروزیتی شده و گالن های سالم میباشد. کانی های گالن و سروزیت عمدتاً گرد شده هستند. در نمونه 87.MH.18 این کانیها که همراه آنها ملاکیت هم مشاهده شده است، کاملاً نیمه گرد شده میباشد.

مهمترین حضور گالن و سروزیت در نمونه های 87.MH.02 (گالن ۱ ذره)، 87.MH.10 (گالن ۳ ذره و سروزیت ۲ ذره)، 87.MH.15 (گالن ۲ ذره)، 87.MH.18 (گالن 441PPM و سروزیت 504 PPM)، 87.MH.48 (گالن ۳ ذره) و 87.MH.51 (گالن ۳ ذره) می باشد. همراه کانیهای سرب در منطقه کانی باریت به مقدار فراوان حضور دارد.

- ناهنجاریهای مس در منطقه به صورت کانیهای کالکوپیریت، ملاکیت، آزوریت و کوپریت مشاهده شده است. که حضور این کانی ها در منطقه در نمونه های 87.MH.08 (ملاکیت ۵ ذره، آزوریت ۳ ذره)، 87.MH.10 (ملاکیت ۳ ذره)، 87.MH.14 (ملاکیت ۲ ذره)، 87.MH.15 (ملاکیت ۴ ذره)، 87.MH.21 (کالکوپیریت ۱ ذره)، 87.MH.26 (ملاکیت ۲ ذره)، 87.MH.35 (ملاکیت ۵ ذره) و 87.MH.51 (کالکوپیریت ۴ ذره، ملاکیت ۱ ذره و کوپریت ۱ ذره) می باشد.

- از ناهنجاریهای قلع در منطقه، میتوان به کاسیتريت اشاره کرد که در نمونه 87.MH.54 (۳ ذره) مشاهده شده است.

- کانی سینابر که از کانی های پاراژنز با طلا در منطقه می باشد، مشاهده شده است. این کانی در نمونه های 87.MH.55 (۴ ذره) و 87.MH.60 (۱ ذره) مشاهده شده است.

- از مهمترین کانی های مشاهده شده در منطقه مورد مطالعه، حضور کانی باریت میباشد که در اکثر نمونه ها یافت می شود.

تصویر ذرات گروهی از کانیهای مشاهده شده در زیر میکروسکوپ در اشکال (۵-۲۰) تا (۵-۲۷) آورده شده است که هرچند این تصاویر فاقد مقیاس می باشند ولی به خوبی ذرات این کانیها را نشان می دهد.

### ۳-۵- معرفی نواحی امیدبخش

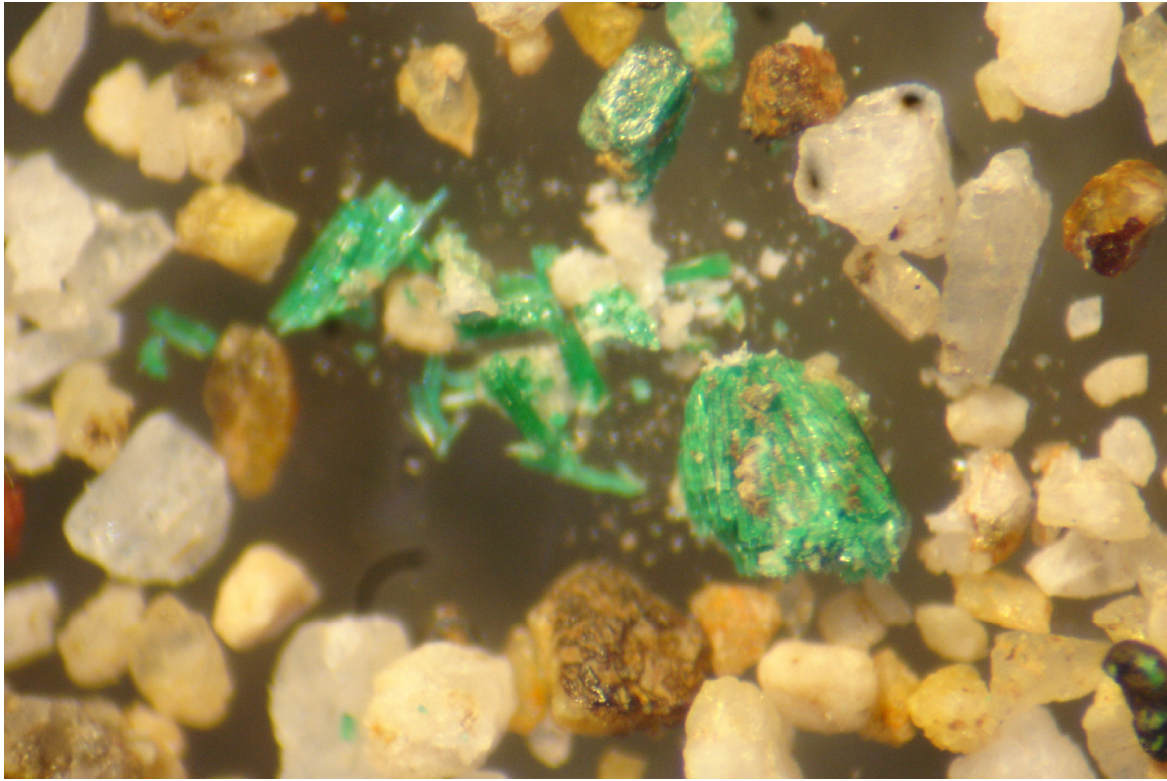
یکی از اهداف اصلی و تعیین کننده در اکتشافات ژئوشیمیائی، معرفی نواحی امیدبخش معدنی و در نهایت دستیابی به کانی‌سازی‌های برجا و قابل مشاهده در یک محدوده اکتشافی بوده، که سرانجام این عملیات در اکتشافات بزرگ مقیاس منجر به کشف کانسارهای پنهان خواهد شد.

در محدوده مورد مطالعه، مجموعه عملیات اکتشافی شامل نمونه‌برداری ژئوشیمی و کانی‌سنگین، داده‌پردازی و کنترل صحرائی نواحی ناهنجار، در نهایت باعث معرفی دو محدوده ناهنجار شده است. محدوده‌های امیدبخش، بر روی نقشه شماره 32 تحت عنوان نقشه نواحی امیدبخش معدنی درج شده‌اند. این محدوده‌ها در دو ناحیه شمال - شمال شرق آبادی عبدالله‌آباد و شمال لاله‌چین درج شده‌اند. شرح هر یک از این محدوده‌ها در ناحیه مورد مطالعه به قرار زیر می‌باشد.

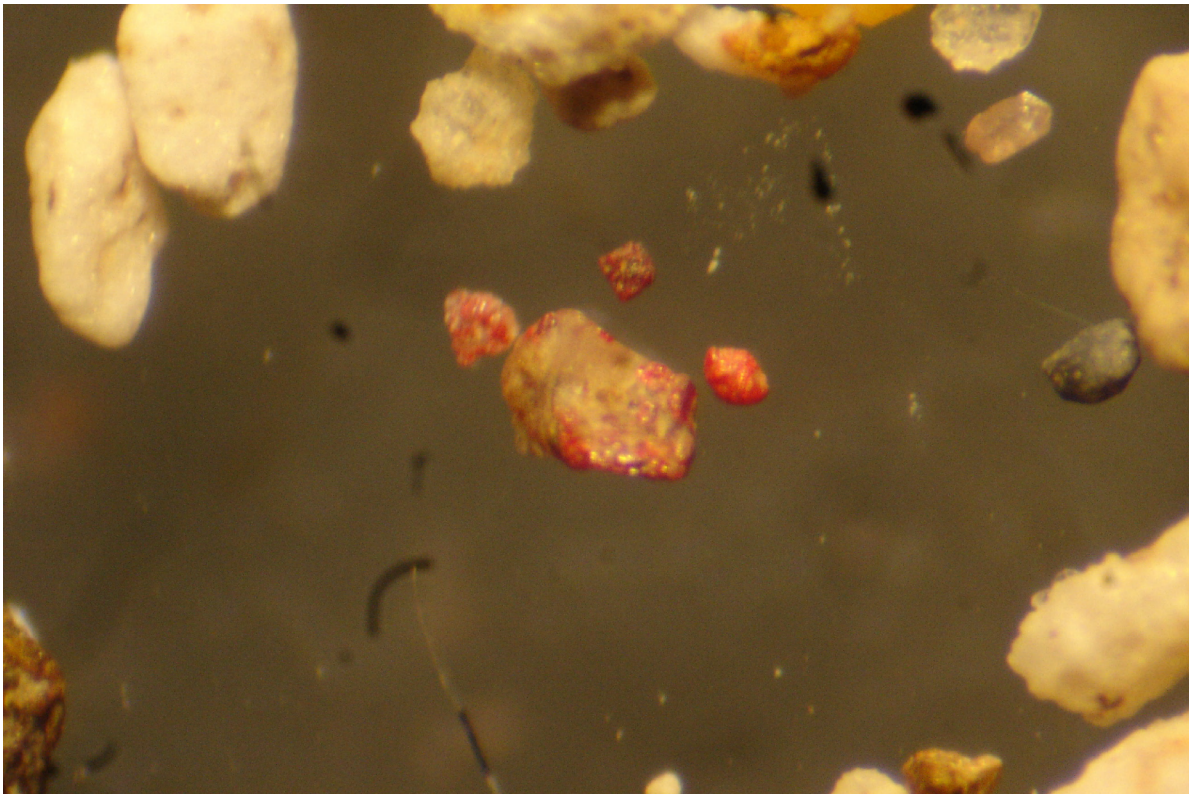
#### ۳-۵-۱- محدوده شمال - شمال شرق عبدالله‌آباد

این محدوده در شمال - شمال شرق آبادی عبدالله‌آباد واقع می‌باشد. از این محدوده تعداد ۵۰ نمونه سیلت آبراهه‌ای برداشت شده است. نتایج نمونه‌های ژئوشیمی آبراهه‌ای، ناهنجاری‌های درجه ۱ عناصر

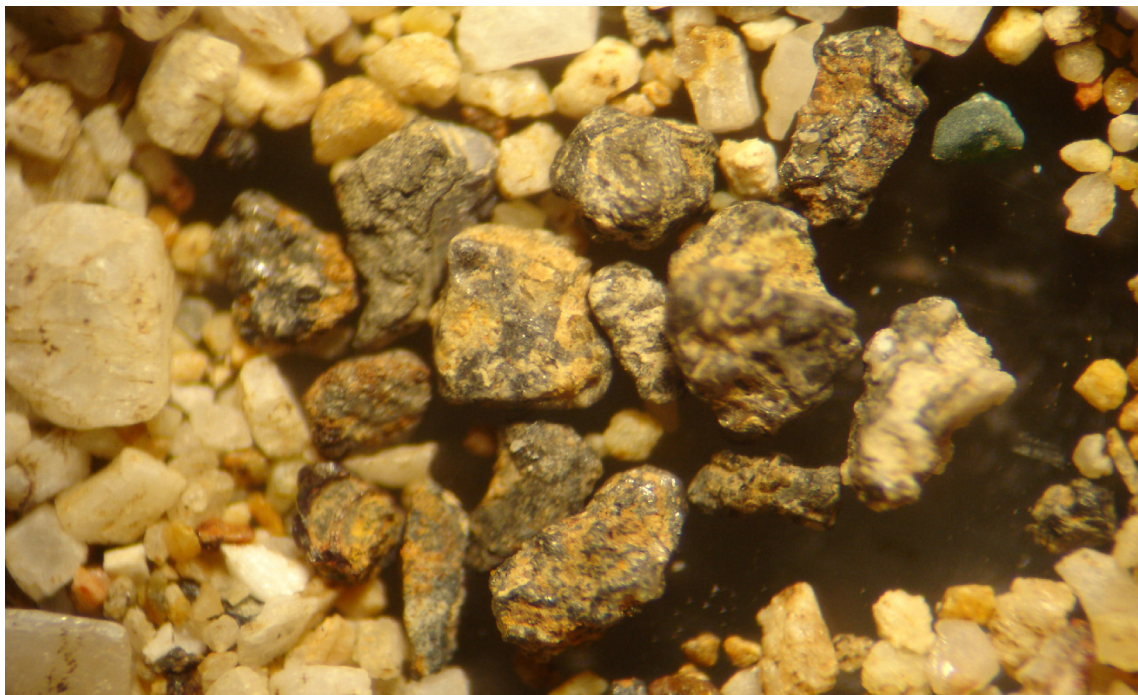
**Sb, Pb, Mn, Cu, Bi, Ba, Au** , و فاکتور یک را نشان می‌دهد. بموازات برداشت‌های ژئوشیمیائی، تعداد ۱۸ نمونه کانی سنگین نیز از رسوبات آبرفتی بستر آبراهه‌ها برداشت و مطالعه شده است. نتایج بدست آمده از مطالعه نمونه‌های کانی سنگین، وجود کانیهای خانواده مس (مالاکیت، مس خالص، کالکوپیریت و...) در نمونه‌های شماره‌های ۳۲۷، ۳۱۲، ۳۱۴، کانی‌های خانواده سرب و روی (گالن، سروسیت، سرب خالص، اسفالریت و اسمیت زونیت) در نمونه‌های شماره‌های ۳۰۱، ۳۲۴، ۳۲۶، ۳۲۷، ۳۲۹، ۳۳۴، ۳۴۳، ۳۴۴، طلا در نمونه‌های ۳۴۳، ۳۴۵ و ۳۰۵ باریت را در نمونه‌های ۲۹۶، ۲۹۸، ۳۱۲ اثبات می‌نماید که در این میان مقادیر کانی‌های خانواده سرب نمونه ۳۰۱ قابل ملاحظه بوده است.



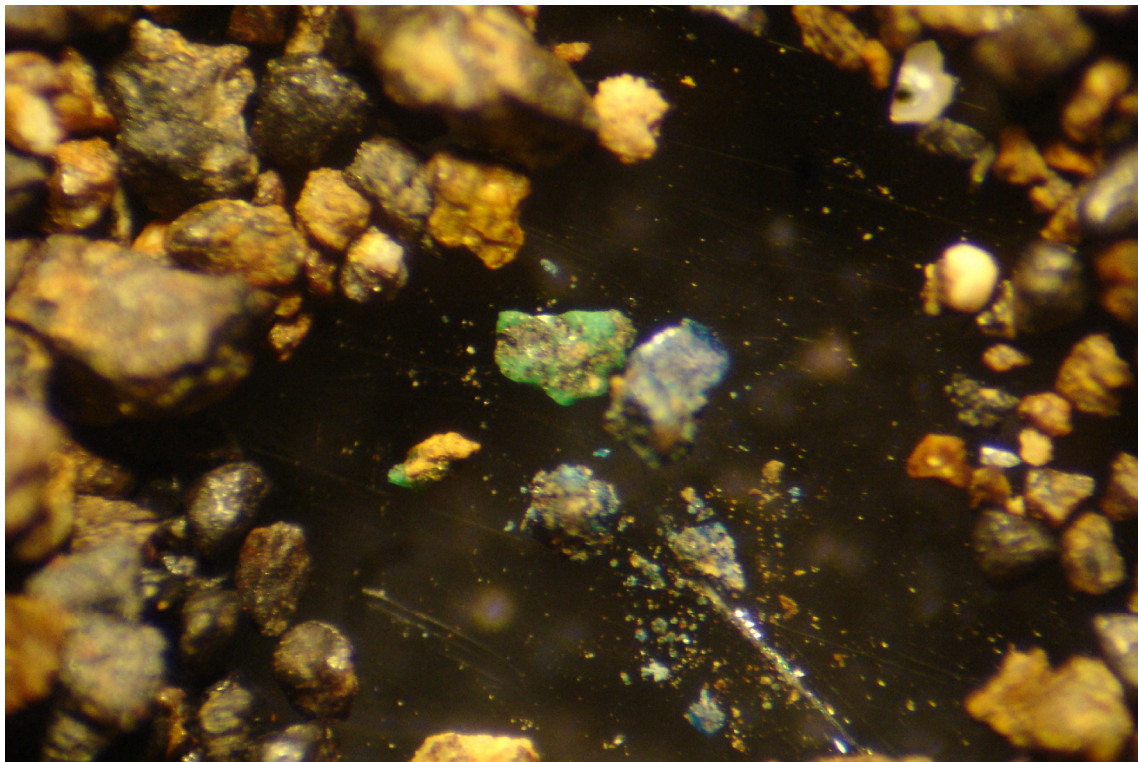
شکل ۵-۲۰: حضور کانی مالاکیت در نمونه 87.mh.15



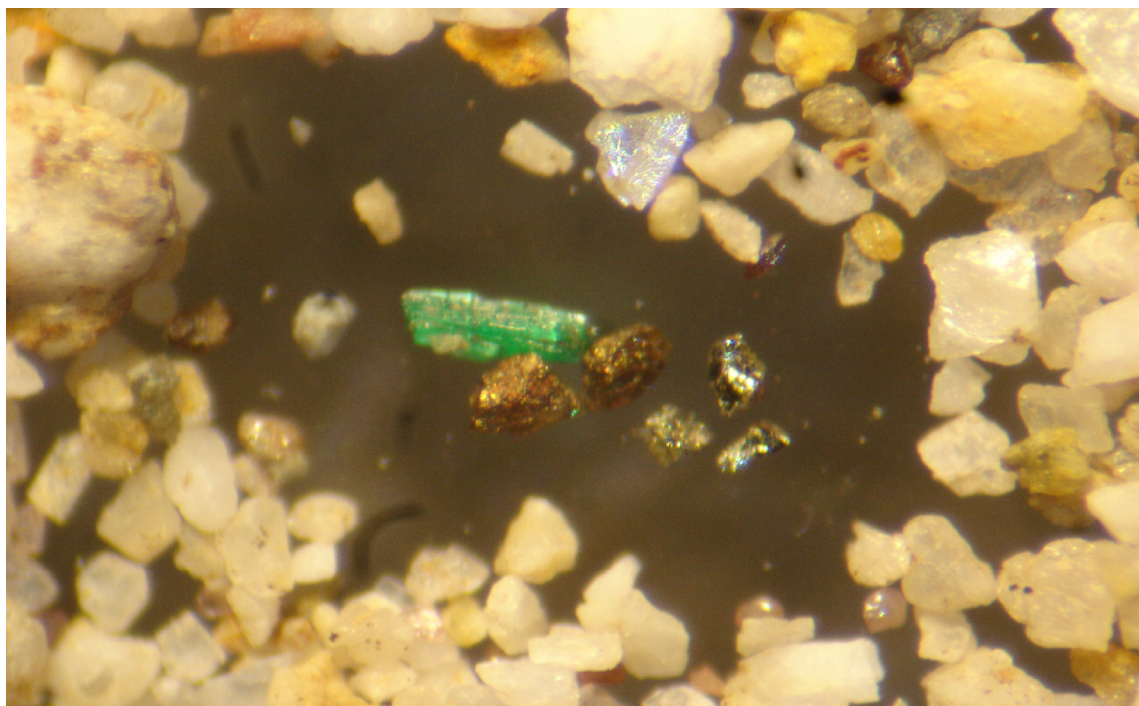
شکل ۵-۲۱: حضور کانی سینابر در نمونه 87.mh.55



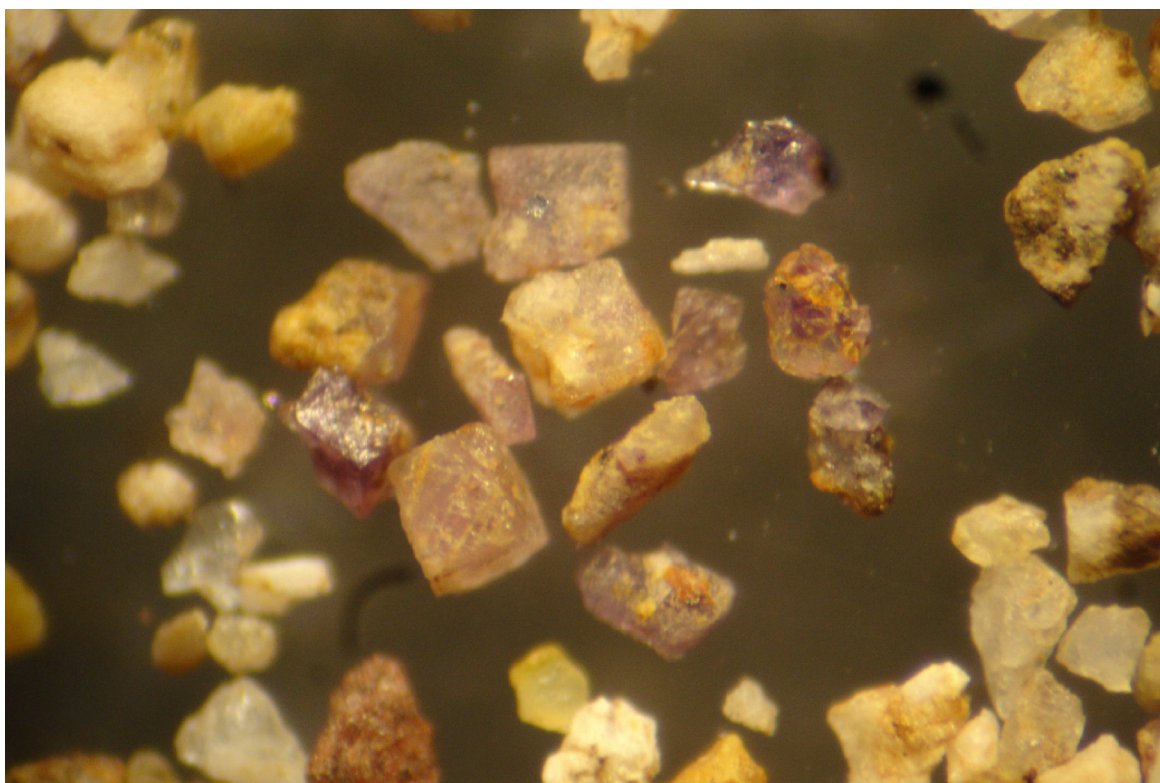
شکل ۵-۲۲: حضور کانیه‌های سرروزیت و گالن در نمونه 87.mh.18



شکل ۵-۲۳: حضور کانی‌های ملاکیت و آزوریت در نمونه 87.mh.08



شکل ۵-۲۴: حضور کانی های مالاکیت و کالکوپیریت در نمونه 87.mh.51



شکل ۵-۲۵: حضور کانی فلوئوریت در نمونه 87.mh.22



شکل ۵-۲۶: حضور کانی باریت در نمونه 87.mh.32



شکل ۵-۲۷: حضور کانی باریت در نمونه 87.mh.29



بررسی‌های چکشی و مشاهدات صحرایی در مرحله کنترل ناهنجاری، سنگ‌های محیط ناهنجاری را گدازه‌های ریولیتی پرکامبرین پسین، دولومیت‌های چرت‌دار و شیل‌های سازند سلطانیه، شیل و ماسه‌سنگ‌های میکادار زایگون تشکیل می‌دهند. سنگ‌های ریولیتی ناحیه به شدت تکتونیکی و خردشده و توسط رگه و رگچه‌های باریت و اکسیدهای آهن (هماتیت، لیمونیت و گوتیت) قطع می‌شوند. بررسی‌های چکشی نشان از کانی‌سازی سرب و مس و پیریت‌های هماتیته و لیمونیتی شده در رگه‌های باریت دارد. در مرحله کنترل ناهنجاری تعداد ۱۵ نمونه مینرالیزه بصورت چیپ از نواحی دگرسانی و رگه‌ها برداشت و برای ۴۴ عنصر تجزیه شده‌اند. اگرچه مقادیر باریت نمونه‌ها قابل ملاحظه بوده است ولی مقادیر عناصر **Au, Ag, Mn, As, Cu, Pb** در حد غنی‌شدگی بوده است. نمونه‌های کانی سنگین مرحله کنترل ناهنجاری نیز وجود کانی‌سازی باریت، خانواده سرب (گالن، سروسیت)، خانواده مس (مالاکیت، کالکوپیریت) را نشان می‌دهد. بطورکلی پاراژنهای ژئوشیمیایی و کانی سنگین حکایت از رخداد کانی‌سازی گرمابی در ناحیه دارد و با کانی‌سازی اپی‌ترمال زون کانی‌سازی تکاب بی‌ارتباط نمی‌باشند. بطورکلی، تفسیر کلیه نتایج نشان می‌دهد، اگرچه در این محدوده کانی‌سازی اتفاق افتاده است، ولی کانی‌سازی از نوع پراکنده و ضعیف بوده و کانی‌های سرب، مس و طلا، گانگ رگه‌های باریت تلقی می‌شوند، ولی رگه‌های باریت در پاره‌ای موارد در این محدوده در حال استخراج می‌باشد.

### ۵-۳-۲- محدوده شمال لاله‌چین

این محدوده در شمال آبادی لاله‌چین واقع است. نتایج نمونه‌های ژئوشیمیایی در مرحله مقدماتی، ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی و درجه ۱ عناصر **Cu, Pb, Zn, As, Bi, Au** و فاکتورچهار (F4) در این محدوده نشان می‌دهد. نمونه‌های کانی سنگین مراحل مقدماتی و کنترل ناهنجاری نیز، آثار کانی‌های خانواده سرب (گالن، سروسیت و سرب خالص)، خانواده مس (مالاکیت، کالکوپیریت، مس خالص، کوپریت)، سینابر، طلا و به مقدار کم باریت را نشان می‌دهد. در این محدوده به ترتیب حدود ۱۰۷ نمونه ژئوشیمی آبراهه‌ای و ۵۵ نمونه کانی سنگین برداشت گردیده است، اما کانی‌های کانسار ساز عمدتاً در بالادست نمونه‌های ۷۶، ۱۴۴، ۱۴۳، ۱۶۳، ۹۰، ۹۲، ۱۱۴، ۸۱ ثبت شده است. بررسی‌های چکشی در مرحله کنترل ناهنجاری، سنگ‌های محدوده ناهنجاری را ریولیت‌های پرکامبرین پسین بیان می‌نماید که بطور محلی برشی و تکتونیکی شده‌اند. در این مرحله حدود ۸ نمونه مینرالیزه بصورت چیپ از زون‌های دگرسانی سیلیسی، لیمونیتی و هماتیته و رگه‌ها برداشت و برای عناصر مختلف تجزیه شده‌اند. بررسی نتایج نشان می‌دهد که نمونه‌های مینرالیزه برای عناصر **Mn, Cu, As, Pb, Ba, Sr** غنی‌شدگی نشان می‌دهند ولی تمرکز عناصر یادشده در حد غنی‌شدگی کانساری نمی‌باشد. شواهد صحرایی نیز وجود رگه‌های پراکنده‌ای از باریت، اکسیدهای آهن (هماتیت، لیمونیت)، سیلیس و کلسیت را بیان می‌نماید که بطور محلی با

کانی‌سازی فلزی همراه می‌باشند. آنومالی ژئوشیمیایی قوی عناصر **Au, Bi, As** و کانی سینابر در مطالعات کانی سنگین حکایت از رخداد فعالیت گرمایی حرارت پایین (اپی‌ترمال) در این محدوده دارد. بطور کلی تحلیل نتایج نشان می‌دهد که محدوده شمال لاله‌چین به لحاظ انتشار جیوه، آرسنیک، طلا و پدیده‌های دگرسانی سیلیسی و لیمونیتی قویتر از محدوده شمال - شمال خاور عبدالله‌آباد می‌باشد، ولی گسترش و شدت کانی‌سازی باریت در عبدالله‌آباد قویتر از لاله‌چین است. کانی‌های مس و سرب‌دار در هر دو محدوده پراکنده هستند ولی مقادیر کانی‌های سرب‌دار محدوده شمال خاور عبدالله‌آباد در نمونه کانی سنگین ۳۰۱ قابل ملاحظه می‌باشد.

## فصل ششم:

### نتیجه گیری و پیشنهادات

#### ۶-۱- نتیجه گیری

با توجه به بررسیهای انجام شده در دو محدوده عبدالله آباد و شمال لاله چین می توان نتیجه گرفت که این دو محدوده دارای کانی سازی پراکنده باریت می باشند که بستگی به تغییرات ضخامت آنها در بخشهای مختلف این دو محدوده امروز توسط بخش خصوصی مورد استخراج قرار گرفته اند. ناهنجاریهای سرب و روی بیشتر در ارتباط با کانی سازی باریت در محدوده مورد مطالعه است و این عناصر در حد گانگ برای کانی سازی باریت در این محدوده می باشند. آثار دگرسانی و همچنین سیلیسی شدن سنگها و تغییرات مقدار آرسنیک، بیسموت و دیگر پاراژنهای طلا نشاندهنده احتمال کانی سازی های تیپ اپی ترمال در محدوده مورد مطالعه است که با توجه به برداشت نمونه های مینرالیزه به نظر می رسد آثار این گونه کانی سازی در محدوده مورد مطالعه در حد کانساری نمی باشد و مقادیر ناچیز و در حد ناهنجاری ژئوشیمیایی می باشد. و لذا عناصر پاراژنز طلا در این مناطق قابل توجه نمی باشند.

#### ۶-۲- پیشنهادات

با توجه به نتایج حاصل از مطالعات ژئوشیمیایی و کانی سنگین و کنترل ناهنجاریهای انجام گرفته در محدوده مورد مطالعه می توان چنین پیشنهاد نمود:

۱- محدوده های پیشنهادی برای اکتشاف و استخراج باریت مناسب می باشند که در حال حاضر توسط بخش خصوصی مورد برداشت قرار گرفته اند.

۲- در مورد ناهنجاری عناصر آرسنیک، جیو، طلا و ... با توجه به مقادیر غلظت آنها، این دو منطقه قابلیت ادامه عملیات اکتشافی لیتوژئوشیمی یا زمین شناسی اقتصادی در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ را نخواهند داشت. هر چند می توان به صورت محدود نسبت به اکتشاف چکشی در چند کیلومتر از دو محدوده امید بخش اقدام نمود.

## منابع و مراجع

- ۱- افتخار نژاد و همکاران (۱۹۸۰)، گزارش مقدماتی نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰,۰۰۰ مهاباد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۲- افتخار نژاد و همکاران ، گزارش نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ مهاباد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۳- اکبرپور افشین، سعیدی عباسمیع، مجید نعمتی (۱۳۸۳)، اکتشافات ژئوشیمیایی و کانی سنگین در ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ مهاباد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۴- حسنی پاک علی اصغر، شرف الدین محمد (۱۳۸۰)، تحلیل داده های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران.

پیوستها

پیوست شماره ۱: نتایج آنالیزهای شیمیایی نمونه های محدوده مهاباد ۱

پیوست شماره ۲: نتایج خطاگیری برای عناصر مختلف

پیوست شماره ۳: هیستوگرام و نمودار  $Q-Q$  برای عناصر مختلف

پیوست شماره ۴: مقادیر امتیازات فاکتوری برای نمونه های محدوده مهاباد ۱

پیوست شماره ۵: نتایج مطالعات کانیهای سنگین در محدوده مهاباد ۱

پیوست شماره ۶: نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های سنگی به همراه مختصات محل برداشت آنها

پیوست شماره ۷: نتایج مطالعات کانیهای سنگین در مرحله کنترل ناهنجاریها

آلبوم نقشه ها

پیوست شماره ۱: نتایج آنالیزهای شیمیائی نمونه های محدوده مهاباد ۱