



وزارت صنایع و معادن

سازمان زمین شناسی و
اکتشافات معدنی کشور

Ministry of Industries and Mines

Geological Survey of Iran

مدیریت منطقه شمال شرق

گزارش پی جویی عناصر استراتژیک در ورقه های یکصد هزارم

فریمان - مشهد - طر قبه

تهیه کنندگان :

حسن عزمی - محمد جعفری

ناظر:

رسول سپهری راد

بهار ۱۴۰۲

این گزارش مورد تایید داوران شورای ارزیابی قرار گرفته
و طبق شماره ۱۴۰۲/۱۰ گ ۲۸۰۶-۷۳-۹۷ از شورا مجوز
انتشار دریافت کرده است.

تقدیر و تشکر

از ریاست محترم سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور آقای دکتر شهیدی، معاونت محترم اکتشاف آقای مهندس دری، آقای مهندس قائمی مدیر کل محترم مرکز مشهد، آقای مهندس عسکری معاونت محترم اکتشاف مرکز مشهد، دکتر هادی‌زاده رئیس اداره فلزی، آقای مهندس کریمی و دکتر سپهری راد ناظر محترم که هر کدام به نحوی در این پروژه همکاری داشتند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

از مهندس محمد جعفری و خانم مهندس علوی نژاد که در تهیه گزارش همکاری داشتند، تقدیر و تشکر می‌نماییم. همچنین از همکاری آقایان مهندس محمدرضا هاشمی، جواد پاکروان، که در عملیات صحرائی همکاری داشتند مراتب تشکر و قدردانی خود را ابراز می‌نماییم.

با سپاس حسن عزمی

اردیبهشت ۱۴۰۲

چکیده

هدف از تعریف و اجرای این پروژه بررسی عناصر استراتژیک بر اساس آنومالی های عنصر نیوبیوم بود. در ابتدا از پردازش داده های اکتشافات ژئوشیمی ۱۶ ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ آنومالی های عنصر نیوبیوم مشخص گردید. در ادامه آنومالی های شاخص در ورقه های فریمان، دولت آباد، مشهد و طرقله مشخص و مورد بررسی قرار گرفت. از ۸۶ نمونه سنگی برداشت شده تعداد ۲۵ نمونه نسبت به عناصر لانتانیوم، سریم و نیوبیوم غنی شدگی نشان داده، در نهایت با توجه به مجموع عناصر نادر ۱۰ نمونه به عنوان آنومالی نهایی معرفی شده است. مهمترین آنومالی در ورقه فریمان واقع گردیده که بخش های سیلیسی - کربناتی در حاشیه توده نفوذی و دگرگونی ها و دایک های بازی منطقه بیشترین غنی شدگی را نسبت به سریم و لانتانیوم دارد. همچنین دایک های پگماتیته نیز نسبت به نیوبیوم غنی شدگی نشان می دهند. از آنجا که در کشور چین (پیشرو در اکتشاف و بهره برداری عناصر نادر خاکی) برای مجموع عناصر نادر بیش از ۵۰۰ گرم بر تن کارهای اکتشافی و استخراجی انجام می شود در منطقه سنگ بست در سه نمونه از ۶۹ نمونه سنگی گرفته شده مجموع عنصر نادر آنها بیش از ۵۰۰ گرم بر تن است. که ماکزیمم آن در نمونه ۶۳- AZ-Nb- که مجموع عیار عناصر نادر برای ۱۵ عنصر شامل (Ce, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, La, Lutecium, Nd, Pr, Sm, Tb, Tm, Y, Yb) ۱۲۴۰ گرم بر تن می باشد که سریم این نمونه ۵۴۳ گرم بر تن می باشد، ادامه فعالیت های پژوهشی - اکتشافی را توجیه پذیر می نماید.

به طور کلی این پروژه شروع یک کار تحقیقاتی برای اکتشاف عناصر استراتژیک بوده لازم به ذکر است که با توجه به عیارهای گرفته شده ادامه کار اکتشافی در سه تارگت نهایی به مساحت ۱۳ کیلومتر مربع پیشنهاد می شود.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

۱-۱-مقدمه	۱
۲-۱-تعریف پروژه	۱
۳-۱-منطقه سنگ بست	۴
۴-۱-منطقه کوه خواجه مراد و کال چغوکی	۴
۵-۱-منطقه مایان	۴
۶-۱-کلیات عناصر استراتژیک	۶
۷-۱-عناصر نادر خاکی	۷
۸-۱-کانه‌های اصلی	۹
۱-۸-۱-مونازیت	۹
۲-۸-۱-باستنائزیت	۱۰
۳-۸-۱-زنوتایم	۱۱
۴-۸-۱-یودیالیت	۱۴
۹-۱-ذخایر و تولید عناصر نادر خاکی	۱۷
۱۰-۱-قیمت عناصر نادر خاکی	۱۸
۱۱-۱-تانتالیوم و نیوبیوم	۱۸
۱-۱۱-۱-زمین شناسی نیوبیوم و تانتالیوم	۱۸
۱-۱۱-۱-۱-انواع کانسارها	۲۰
۱۲-۱-زیر کونیم، هافنیم و اسکاندیم	۲۲
۱-۱۲-۱-انواع کانسارها	۲۲

فصل دوم: زمین شناسی عمومی

۱-۲-مقدمه	۲۴
۲-۲-زمین شناسی سنگ بست	۲۴
۳-۲-زمین شناسی محدوده خواجه مراد در ورقه مشهد	۲۵

۴-۲-زمین شناسی منطقه طرqbه ۳۰

فصل سوم: عملیات اکتشافی

۱-۳-مقدمه ۳۲

۲-۳-نمونه برداری ۳۲

۳-۳-آنالیز و پردازش داده ها ۳۴

۱-۳-۳-مطالعه همبستگی ها ۴۲

۴-۳-آنومالی سنگبست (آنومالی شماره ۴) ۴۶

۱-۴-۳-مشاهدات صحرایی آنومالی سنگ بست ۴۸

۲-۴-۳-نتایج آنالیزنمونه های محدوده سنگ بست ۵۲

۵-۳-محدوده خواجه مراد ورقه مشهد (آنومالی شماره دو) ۵۷

۶-۳-محدوده کال چغوکی (آنومالی شماره سه) ۵۹

۷-۳-آنومالی طرqbه (انومالی شماره یک) ۶۱

۸-۳-پردازش کلی داده ها بر اساس ۱۵ عنصر نادرخاکی و عنصر نیوبیوم ۶۳

۹-۳-معرفی تارگت های نهایی ۶۴

۱-۹-۳-رسم نقشه های آنومال ۶۴

۲-۹-۳-شرح تارگت ها ۶۷

۱-۲-۹-۳-تارگت شماره یک ۶۷

۲-۲-۹-۳-تارگت شماره دو ۶۹

۳-۲-۹-۳-تارگت شماره سه ۷۰

۱۰-۳-نتیجه گیری و پیشنهادات ۷۱

۱۱-۳-شرح خدمات پیشنهادی ۷۲

منابع و مراجع ۷۳

نتایج آنالیز ۷۵

فهرست تصاویر و اشکال

- شکل ۱-۱ - ۱- ورقه‌های منتخب جهت پردازش و جدایش آنومالی نیوبیوم ۲
- شکل ۱-۲ - ۲- نمایش عناصر استراتژیک در جدول تناوبی ۷
- شکل ۱-۳ - ۳- جدول تناوبی عناصر ۸
- شکل ۱-۴ - ۴- موناژیت، آیولند نروژ از مجموعه مرکز تنوع زیستی طبیعی لایدن هلند ۱۰
- شکل ۱-۵ - ۵- باستانژیت (به رنگ مایل به زرد)، مونتینپس کالیفرنیا ۱۱
- شکل ۱-۶ - ۶- زنوتایم ماداگاسکار ۱۲
- شکل ۱-۷ - ۷- یودیالیت (بخشهای دارای رنگ مایل به قرمز)، گرینلند ۱۶
- شکل ۱-۸ - ۸- نمودار تولید اکسید فلزات نادر ۱۷
- شکل ۳-۱ - ۱- موقعیت نمونه های سنگی برداشت شده در محدوده آنومالی ها ۳۳
- شکل ۳-۲ - ۲- دندروگرام داده های برداشت شده ۳۸
- شکل ۳-۳ - ۳- دور نمایی از گرانیات سنگ بست (دید به شمال) ۴۹
- شکل ۳-۴ - ۴- تصویر رگه سیلیسی در داخل دگرگونی ها (دید به شمال) ۴۹
- شکل ۳-۵ - ۵- دایک پگماتیته داخل دگرگونی (دید به شمال) ۵۰
- شکل ۳-۶ - ۶- دایک های بازی داخل دگرگونی ها و توده گرانیته (دید به شمال) ۵۱
- شکل ۳-۷ - ۷- نتایج آنالیز XRD ۵۱
- شکل ۳-۸ - ۸- نمایی نزدیک از گرانیته های بلوک شده طبیعی ۵۲
- شکل ۳-۹ - ۹- موقعیت نمونه های سنگی و آنومال در محدوده سنگ بست نقشه تربت حیدریه ۵۴
- شکل ۳-۱۰ - ۱۰- موقعیت نمونه های سنگی و آنومال در محدوده سنگ بست بر روی نقشه فریمان ۵۵
- شکل ۳-۱۱ - ۱۱- راهنمای نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان ۵۶
- شکل ۳-۱۲ - ۱۲- بیرون زدگی گرانیته غنی از فلدسپات در داخل گرانیته مشهد ۵۷
- شکل ۳-۱۳ - ۱۳- پراکندگی نمونه های برداشت شده در آنومالی خواجه مراد ۵۸
- شکل ۳-۱۴ - ۱۴- رگه کربناتی داخل توده نفوذی ۵۹
- شکل ۳-۱۵ - ۱۵- موقعیت نمونه های سنگی و آنومال در محدوده های خواجه مراد و کال چغوکی ۶۰
- شکل ۳-۱۶ - ۱۶- نمایی از زون کربناتی - سیلیسی اطراف آبادی میان ۶۱
- شکل ۳-۱۷ - ۱۷- موقعیت نمونه های برداشت شده در ورقه طبقه ۶۲
- شکل ۳-۱۸ - ۱۸- دندروگرام عناصر استراتژیک ۶۳

- شکل ۳- ۱۹- نقشه Symbol Map برای عنصر نیوبیم ۶۴
- شکل ۳- ۲۰- نقشه Symbol Map برای مجموع عناصر نادر ۶۵
- شکل ۳- ۲۱- نقشه معرفی تارگت های نهایی ۶۶
- شکل ۳- ۲۲- تصویر Symbol Map تارگت یک ۶۸
- شکل ۳- ۲۳- تصویر Symbol Map تارگت دو ۶۹
- شکل ۳- ۲۴- تصویر Symbol Map تارگت سه ۷۰

فهرست جداول

- جدول ۱- ۱- نمونه‌های آنومال نیوبیوم در زون فریمان کاشمر ۲
- جدول ۱- ۲- نمونه‌های آنومال ژئوشیمی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه مشهد برای عنصر نیوبیوم ۳
- جدول ۱- ۳- نمونه‌های آنومال ژئوشیمی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه طرقله برای عنصر نیوبیوم ۳
- جدول ۱- ۴- نمونه‌ای از ترکیب‌های نمونه موناژیت، زنونتیم، و باستانژیت (وبمیرال، ۲۰۱۴) ۱۳
- جدول ۱- ۵- ترکیب دو یودیالیت رایج (کتابچه کانی شناسی، ۲۰۰۱) ۱۵
- جدول ۱- ۶- محتوای عناصر نادر خاکی در یودیالیت (هریس و همکاران، ۱۹۸۲) ۱۶
- جدول ۱- ۷- تولید و ذخایر عناصر نادر خاکی در جهان ۱۷
- جدول ۱- ۸- قیمت اکسید تعدادی از عناصر نادر خاکی ۱۸
- جدول ۱- ۹- تقسیم بندی ذخایر نیوبیوم لانتانیم ۲۱
- جدول ۱- ۱۰- عیار و ذخیره ۲۱
- جدول ۳- ۱- جدول عناصر و روش آنالیز برای نمونه های مرحله اول ۳۴
- جدول ۳- ۲- جدول عناصر و روش آنالیز برای نمونه های مرحله دوم ۳۵
- جدول ۳- ۳- نتایج آنالیز اکسیدهای تیتانیوم و فسفر ۳۶
- جدول ۳- ۴- جدول خصوصیات آماری برای نمونه های مرحله اول ۳۷
- جدول ۳- ۵- جدول خصوصیات آماری برای نمونه های مرحله دوم ۳۷
- جدول ۳- ۶- زمینه جهانی عناصر نادر خاکی و فسفر، زیرکن و نیوبیوم ۳۹
- جدول ۳- ۷- جدایش آنومالیها بر اساس غنی شدگی نسبت به زمینه جهانی ۴۰
- جدول ۳- ۸- جدایش آنومالیها بر اساس داده های خام ۴۱
- جدول ۳- ۹- جدول همبستگی عناصر ۴۲

- جدول ۳-۱۰- شرح و مختصات نمونه های برداشت شده ۴۶
- جدول ۳-۱۱- نمونه های آنومال سنگ بست (بر حسب گرم بر تن) ۵۳
- جدول ۳-۱۲- چهار نمونه برداشت شده از محدوده خواجه مراد ۵۷
- جدول ۳-۱۳- هفت نمونه برداشت شده از محدوده خواجه مراد ۵۹
- جدول ۳-۱۴- نتایج و مختصات نمونه های امید بخش ۶۷
- جدول ۳-۱۵- مختصات چهار گوش تارگت یک ۶۹
- جدول ۳-۱۶- مختصات چهار گوش تارگت دو ۷۰
- جدول ۳-۱۷- مختصات چهار گوش تارگت سه ۷۱
- جدول ۳-۱۸- جدول نمونه های تارگت های امید بخش ۷۲

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی

کشور

معدنی

کشفیات

فصل اول: کلیات

شناسی

زمین

سازمان

۱-۱- مقدمه

از آنجا که شناسایی عناصر استراتژیک و کاربردهای جدید آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در ایران این نوع معادن تا کنون شناسایی نشده اند لذا تعریف پروژه اخیر در اداره کل زمین شناسی و اکتشافات معدنی منطقه شمال شرق مورد نیاز تشخیص داده شد. اولین مناطق هدف این پروژه آنومالی‌های عنصر نیوبیوم بر اساس اکتشافات ژئوشیمی رسوب آبراهه‌ای در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ می‌باشد. با توجه به عدم سوابق اکتشافی پروژه مشابه در استان خراسان رضوی، اجرای این پروژه بیشتر جنبه تحقیقاتی و معرفی دارد. همانطور که در فصل‌های بعدی خواهید دید بر اساس اکتشافات ژئوشیمی و اطلاعات زمین شناسی مناطق مطالعاتی انتخاب شد. شکل ۱-۱ ورقه‌هایی که جهت بررسی و استخراج آنومالی انتخاب شده اند را نشان می‌دهد که از این ۱۶ ورقه مهمترین آنومالی‌ها در ورقه فریمان بوده است.

۱-۲- تعریف پروژه

جهت تعریف پروژه ابتدا داده های ژئوشیمی زون فریمان -کاشمر و همچنین ورقه های مشهد و طرقله (با توجه به وجود پگمانیت مشهد) که شامل بیش از ده هزار داده بوده است مورد بررسی و پردازش قرار گرفت و آنومالی‌های عنصر نیوبیوم مشخص شد. براساس مقادیر داده های خام و نقشه های ژئوشیمیایی ترسیمی محدوده های آنومال مشخص گردید. نتیجه آنومالی‌ها در جدول ۱-۱ آمده است. همانطور که جدول نشان می‌دهد در ۱۴ ورقه زون فریمان -کاشمر ورقه‌های فریمان و دولت آباد دارای آنومالی برای عنصر نیوبیوم بوده اند که در این فاز ورقه فریمان انتخاب گردیده است.

جدول ۱-۲- نمونه‌های آنومال ژئوشیمی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه مشهد برای عنصر نیوبیوم

Sheet name	Sample no.	X_in_utm	Y_in_utm	Nb(ppm)	Sheet name	Sample no.	X_in_utm	Y_in_utm	Nb(ppm)
Mashhad	413	763627	4038504	25.12	Mashhad	146	754342	4034855	16.92
Mashhad	367	764196	3992116	21.63	Mashhad	451	759437	4021823	16.92
Mashhad	436	755894	4030569	19.22	Mashhad	402	762761	4041833	16.48
Mashhad	57	739937	4005288	18.87	Mashhad	244	752462	4029394	16.41
Mashhad	421	757299	4034652	18.12	Mashhad	298	768616	4019367	15.91
Mashhad	202	732844	4041433	18.08	Mashhad	115	746424	3992359	15.6
Mashhad	281	751076	4014961	17.97	Mashhad	353	765521	3996166	15.18
Mashhad	219	738818	4035113	17.34	Mashhad	449	755611	4028785	15.08
Mashhad	120	747898	3989411	17.31	mashhad	452	762162	4027368	15.08
Mashhad	438	762215	4031099	17.07					

جدول ۱-۳- نمونه‌های آنومال ژئوشیمی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه طرقله برای عنصر نیوبیوم

sheet name	Sample no	X_in_utm	Y_in_utm	Nb(ppm)
Torghabeh	TD52	693780	4007710	22.07
Torghabeh	TT 254	716484	4018700	20.31
Torghabeh	TP144	712637	3996340	20.14
Torghabeh	TT 256	717262	4017310	19.48
Torghabeh	TT 255	716700	4017810	19.34
Torghabeh	TT 309	711920	4024210	19.23
Torghabeh	TGD12	684346	4012780	18.84
Torghabeh	TP 221	714585	4013590	18.74
Torghabeh	TG 431	687582	4021310	18.63
Torghabeh	TT 303	715071	4025370	18.52
Torghabeh	TP 290	707702	4011500	18.20
Torghabeh	TP 240	709837	4008980	18.14
Torghabeh	TP 236	711679	4010090	18.11
Torghabeh	TP 245	705615	4007510	18.09

۳-۱ - منطقه سنگ بست

براساس داده های ژئوشیمیایی رسوب آبراهه ای یکی از مهمترین آنومالی های استان خراسان رضوی برای عنصر نیوبیوم در این منطقه قرار دارد. این محدوده در ۴۰ کیلومتری شمال شرق مشهد در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان قرار دارد. از لحاظ زمین شناسی در این آنومالی سنگ های گرانیت و دگرگونی ها رخنمون دارند.

۴-۱ - منطقه کوه خواجه مراد و کال چغوقی

این آنومالی در ۱۵ کیلومتری شمال غرب مشهد و در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ مشهد واقع و از لحاظ زمین شناسی در این آنومالی واحدهای گرانیتی و پگماتیستی مشهد رخنمون دارند.

۵-۱ - منطقه مایان

این آنومالی در ۲۰ کیلومتری غرب مشهد و در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ طرقله واقع است که به لحاظ زمین شناسی در این محدوده، سنگ های دگرگونی شامل فیلیت و سنگ های رسوبی شامل آهک، ماسه سنگ و کنگولومرا رخنمون دارند.

اهداف پروژه

هدف اصلی این پروژه بررسی عناصر استراتژیک و عناصر نادر خاکی در آنومالی های عنصر نیوبیوم می باشد. پیشینه مطالعات

مطالعات قبلی شامل تهیه نقشه های زمین شناسی و اکتشافات ژئوشیمی است که به شرح زیر است:
نقشه زمین شناسی فریمان در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ توسط واعظی پور و سهیلی، سال ۲۰۰۵، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

نقشه زمین شناسی مشهد در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ توسط جعفر طاهری و فرخ قائمی سال ۱۹۹۴ انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

نقشه زمین شناسی طرقله در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ توسط علی پورلطیفی سال ۲۰۰۱ انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

گزارش ژئوشیمیایی سیستماتیک ورقه فریمان در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ شرکت جیانگ سی سال ۱۹۹۵ انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

گزارش ژئوشیمیایی سیستماتیک ورقه مشهد در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ توسط شرکت توسعه علوم زمین سال ۱۳۸۵ انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

گزارش ژئوشیمیایی سیستماتیک ورقه طبقه در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ توسط حسن باستانی و فرنوش فرجندی سال ۱۳۸۶ انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
گزارش چکیده فعالیت های اکتشافی شمال شرق، مهدی آزادی، ۱۴۰۰، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

گزارش خلاصه گرانیات مشهد، محمد علی، اکرمی مذاکرات شفاهی ۱۳۹۹

خلاصه ای از اکتشافات ژئوشیمیایی پیشین

اکتشافات ژئوشیمیایی در ورقه یکصد هزارم فریمان

در این پروژه ۹۲۶ نمونه توسط شرکت جیانگ سی چین برداشت و برای طلا، نقره، سرب، روی، مس و ... (۲۹ اکسید و عنصر) مورد آنالیز قرار گرفت. پس از پردازش های مربوطه نقشه های زیر ترسیم شد.

- ۲۹ نقشه ژئوشیمی تک عنصری

- دو نقشه آنومالی های ژئوشیمیایی

- یک نقشه اکتشافات ژئوشیمیایی مناطق امید بخش

یکی از آنومالی ها و مناطق امید بخش معرفی شده که آنومالی نیوبیوم هم دارد شمال شرق برگه (آنومالی سنگ بست) است.

اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ مشهد

در این ورقه، با توجه به میزان سطح بیرون زدگی واحدهای سنگی که کمتر از حدود ۴۰ درصد ورقه را شامل میشود، تعداد نمونه های اخذ شده از حوضه های مربوط به واحدهای سنگی ۲۳۸ عدد بوده و همچنین بدلیل انجام مطالعات زیست محیطی تعداد نمونه های ژئوشیمیایی از محیط های آبرفتی چون دشت های سیلابی و آبرفتی، مخلوط افکنه و مناطق پوشیده از رسوبات کواترنری ۱۷۵ عدد نمونه برداشت شده است. با عنایت به اینکه پراکندگی یکنواخت نمونه ها در چگونگی پردازش و تهیه نقشه های ژئوشیمیایی موثر است، سعی گردیده که نمونه ها از یک روند یک شکل و پراکندگی یکنواختی برخوردار باشند. طراحی نمونه های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه ای با توجه به شبکه آبراهه ای و عوامل فوق الذکر انجام شده ولی نمونه های زیست محیطی بصورت یک شبکه منظم و بدون در نظر گرفتن موقعیت آبراهه ها و بر اساس هر ۱۰ کیلومتر یک نمونه طراحی و برداشت شده اند. طراحی برخی از نمونه های کانی سنگین و سنگ بعد از پردازش داده ها و تهیه نقشه های آنومالی ژئوشیمیایی صورت گرفته است. برداشت نمونه های سنگی بعد از تهیه نقشه های آنومالی ژئوشیمیایی و در خلال مرحله کنترل عملیات صحرائی صورت گرفت.

در گزارش مذکور، با توجه به حضور پتانسیل عناصر نادر در زون بینالود اشاره شده است که نقاط آنومال در جدول ۱-۲ آمده است.

اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در ورقه ۱:۱۰۰,۰۰۰ طبقه

از نظر زمین‌شناسی اقتصادی این منطقه به کانسارهای فلزی آهن می‌توان اشاره نمود که بیشتر به شکل هماتیت و ژئودهای اولیژیست در محل گسل‌های رورانده در جنوب روستای ده سرخ و انتهای دره پیوه‌ژن دیده می‌شود. گچ موجود در واحدهای نئوژن به صورت ژپس به صورت توده‌ای دانه ریز می‌باشد و به علت مخلوط بودن با رس نام ژپسیت گرفته است. فیلیت‌ها و اسلیت‌های سری مایان به خصوص به خاطر دسترسی آسان و مخارج حمل و نقل کم همانند انواع دیگر سنگ‌های دگرگونه ساختمانی نظیر مرمر، کوارتزیت و گنایس از نظر استحکام و برش نمونه‌های مناسبی برای روکار و پوشش بام ساختمان‌ها و یا مصالح فانتری مصرف می‌شوند. معدن قدیمی و متروکه طلای طرقله که به صورت روباز و زیر زمینی استخراج شده است تا زمان ناصر الدین شاه از معادن فعال طلای ایران بوده است. با توجه به رخساره‌های سنگی موجود در این محدوده وجود کانی‌سازی از نوع طلا، مس، سرب و روی و ... محتمل می‌باشد.

در این پروژه تعداد ۴۷۷ نمونه ژئوشیمیایی (رسوب آبراهه ای)، ۱۷۵ نمونه کانی سنگین و ۵ نمونه مینرالیزه برداشت شده است. آنالیز تمامی نمونه‌های برداشت شده در این پروژه در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور صورت گرفته است.

این برگه آنومالی‌های طلا و سرب، روی مناسبی داشته است و با توجه به اینکه در بخشی از این برگه پگماتیت مشهد بیرون زدگی دارد، نقاط آنومال نیوبیوم طبق جدول ۱-۳ استخراج و مورد بازدید صحرایی قرار گرفت.

۱-۶- کلیات عناصر استراتژیک

عناصر استراتژیک شامل ۱۵ عنصر نادر خاکی و پنج عنصر اسکاندیم، زیرکونیم، نیوبیوم، تانتالیوم و هافنیم است که در مجموع این بیست عنصر به عنوان عناصر استراتژیک شناخته می‌شوند تصویر ۳-۱ این عناصر را در جدول تناوبی نشان می‌دهد و در زیر به شرح و گروه بندی این عناصر می‌پردازیم. البته لازم به ذکر است که معمولاً در تعریف عناصر استراتژیک اختلافاتی با توجه به کشور های مختلف ممکن است وجود داشته‌باشد.

PERIODIC TABLE OF ELEMENTS

RARE EARTH ELEMENTS

Lanthanide Series

Legend:

- Light Rare Earth Elements (LREE)
- Heavy Rare Earth Elements (HREE)
- Other Strategic Metals

M.H. Karimpour, April 2020

شکل ۱-۲- نمایش عناصر استراتژیک در جدول تناوبی

۷-۱- عناصر نادر خاکی

در چند سال گذشته، شمار بیشتری از مردم درباره گروه نسبتاً ویژه‌ای از فلزات (عناصر نادر خاکی) آگاه شده‌اند. بسیاری از افراد درباره این عناصر چیزی شنیده‌اند و یا احتمالاً فقط می‌دانند که این عناصر "در بخش بالایی دو ردیف از عناصری جای دارند که در زیر جدول تناوبی واقع شده‌اند". در واقع، این فلزات که به شکل شگفت‌آوری کاربردهای فراوانی نیز دارند، تا سال ۲۰۰۹ میلادی برای عموم مردم ناشناخته بودند. در سال ۲۰۰۹، چین که سیطره کمابیش کاملی بر تولید این عناصر داشت (۹۷ درصد از تولید جهانی)، جایگاه خود را در بازار جهانی عناصر نادر خاکی تغییر داد. چین، قوانینی بر سقف تولید، سقف صادرات، و مالیات بر صادرات وضع نمود، قوانین زیست محیطی را تشدید کرد و هیچ مجوز جدیدی برای معدنکاری عناصر نادر خاکی صادر نمود (گشنایدر^۱، ۲۰۱۱). این امر موجب نگرانی جهانی در بین سازندگان تجهیزات فناوری پیشرفته شد، چرا که بسیاری از فناوریهای روز و متداول دنیا، بدون عناصر نادر خاکی امکان‌پذیر نیستند. نمونه‌های بارز این کاربردها عبارتند از: درایوهای کامپیوتر، گوشی‌های هوشمند، نمایشگرها و تلویزیون‌های

^۱ Geschneider

صفحه تخت، باتری‌های شارژپذیر (خانگی و خودکار) و هدفون‌های کوچک. کاربردهای دیگر نیز شامل لیزرها، آهنرباهای قوی دائمی برای ژنراتورهای برق، پودر ساینده شیشه و لامپ‌های کم مصرف است. این دوره که از سال ۲۰۰۹ آغاز شد و تحت نام "بحران نادر خاکی" شناخته می‌شود، بسیاری را در سراسر دنیا درباره این گروه خاص از عناصر آگاه نمود.

The image shows a standard periodic table of elements. The elements from Lanthanum (La, atomic number 57) to Lutetium (Lu, atomic number 71) are highlighted with a red border and labeled as "REE elements". These elements are part of the f-block and are known as rare earth elements.

شکل ۱-۳- جدول تناوبی عناصر REE ها که شامل لانتانیدها و Sc و Y هستند، با کادر قرمز از دیگر عناصر جدا شده‌اند.

عناصر نادر خاکی تحت عناوین گوناگونی شناخته می‌شوند: فلزات نادر خاکی، خاکی‌های نادر، یا به سادگی REE. این عناصر گروهی از ۱۷ عنصر سنگین وابسته به هم هستند که شامل Sc، Y و گروه لانتانیدها می‌شوند. در شکل ۳-۲، این عناصر در جدول تناوبی با رنگ قرمز تفکیک شده‌اند. لانتانیدها بین باریوم و هافنیم جای می‌گیرند.

کشف عناصر نادر خاکی از پایان سده هجدهم میلادی آغاز شد. یتیم، نخستین عنصر نادر خاکی بود که یک شیمیدان و کانی‌شناس فنلاندی به نام یوهان گدولین^۲ آنرا کشف نمود (گدولین، ۱۷۹۴، ۱۷۹۶؛ ویکز^۳، ۱۹۶۸؛ گوپتا و کریشنامورتی^۴، ۲۰۰۵). تا پایان سده نوزدهم، به جز دو عنصر، تمامی این عناصر کشف شده بودند. لوتیم در ۱۹۰۷ کشف شد و عنصر پایانی (پرومتیم) بلافاصله پس از کشف واکنش‌های هسته‌ای در سال ۱۹۴۷ شناخته شد (مارینسکی و همکاران، ۱۹۴۷).

^۲ Johan Gadolin

^۳ Weeks

^۴ Gupta and Krishnamurthy

عناصر نادر خاکی شامل اسکاندیم (Sc)، یتریوم (Y)، لانتانیوم (La)، سریم (Ce)، پرازئودیمیم (Pr)، نئودیمیم (Nd)، پرومتیم (Pm)، ساماریوم (Sm)، یوروپیم (Eu)، گدولنیم (Gd)، تربیم (Tb)، دیسپروزیوم (Dy)، هولیم (Ho)، اربیم (Er)، تولیم (Tm)، یتربیم (Yb) و لوتتیم (Lu) هستند.

۸-۱- کانه‌های اصلی

۸-۱-۱- موناژیت

در حال حاضر، کانه‌های اصلی REEها عبارتند از موناژیت، باستنائزیت^۶ و زنوتایم^۷. نخستین کانی دارای REE که مورد استفاده قرار گرفت، گدولینیت بود. از این کانی چندین عنصر نادر خاکی بدست آمد، ولی در مقیاس صنعتی بکار گرفته نشد. موناژیت نخستین کانی دارای عناصر نادر خاکی بود که برای استخراج REEها در مقیاس صنعتی مورد استفاده قرار گرفت.

فرمول شیمیایی عمومی موناژیت $CePO_4$ است (برای تپت^۸، ۱۸۲۹). نام این کانی برگرفته از واژه یونانی موناژیس به معنی "تنها بودن" است، به این دلیل که موناژیت دارای بلورهای منفرد بوده و در زمان کشف نیز بسیار کمیاب بود. شکل ۳-۳ تصویری از موناژیت را نشان می‌دهد. علاوه بر سریم، سایر REEها نیز در موناژیت یافت می‌شوند.

این عناصر غالباً جزو گروه ۹LREE (عناصر نادر خاکی سبک: La, Ce, Pr, Nd, Sm) هستند. در این کانی، همواره مجموعه‌ای از عناصر نادر خاکی وجود دارد، به همین دلیل، پسوند La, Ce, Pr، یا Nd به اسم کانی افزوده می‌شود تا فراوان‌ترین REE موجود در کانی را نشان دهد. معمولاً، این کانی دارای توریم و/یا اورانیوم نیز می‌باشد ولی مقادیر آنها در موناژیت کمتر از آن است که بتوان آنها را به عنوان محصول جانبی استخراج نمود.

^۶ Bastnaesite به صورت bastnäsite یا bastnasite نیز نوشته می‌شود.

^۷ xenotime

^۸ Breithaupt

^۹ LREEs: Light Rare Earth Elements



شکل ۱-۴- مونازیت، آیولند نروژ. از مجموعه مرکز زیستی طبیعی لایدن هلند

به طور کلی مونازیت به عنوان یک کانی فرعی در گرانیتها، گرانیتوئیدها و پگماتیتها همراه و نیز در بسیاری از سنگهای دگرگونی یافت می‌شود.

از آنجا که مونازیت یک کانی سنگین با وزن مخصوص بین ۴/۸ و ۵/۵ گرم بر سانتی مترمکعب است (میانگین ۵/۱۵ گرم بر سانتی مترمکعب؛ (وبمینرال ۱۰، ۲۰۱۴)، و در برابر هوازدگی بسیار مقاوم است، پس از هوازدگی سنگهای میزبان آذرین یا دگرگونی و حمل شدن، در پلاسرها و ماسه‌های دارای کانی سنگین تجمع می‌یابد (گوپتا و کریشنامورتی، ۲۰۰۵).

۱-۸-۲- باستنائزیت

ویلم هایزینگر شیمیدان سوئدی برای نخستین بار باستنائزیت (نگاره ۲-۲) را معرفی کرد؛ نام باستنائزیت به معنی "پایه-فلوئور-سریم ۱۱" از معدن باستناس نزدیک ریداریتان، واستمانلند سوئد (هایزنگر ۱۲، ۱۸۳۸) گرفته شده است. باستنائزیت با فرمول کلی $Ce(CO_3)F$ یکی دیگر از کانه‌های اصلی دارای عناصر نادر خاکی است که غالباً دارای عناصر نادر خاکی سبک مانند سریم، لانتانیوم، پرازئودیمیم و نئودیمیم است. از عناصر نادر خاکی سنگین (HREE) 13 ، تنها Y همیشه در این کانی یافت می‌شود. پسوند Ce، La، Nd یا Y که به نام آن اضافه می‌شود نشان دهنده فراوان‌ترین REE کانی است. نسبت‌های کمی از دیگر عناصر نادر خاکی سنگین نیز در این کانی حضور دارد. گذشته از این، گونه‌های دارای هیدروکسیل نیز وجود دارد، از جمله: هیدروکسیل باستنائزیت سریمدار یا هیدروکسیل باستنائزیت نئودیمیم‌دار.

^{۱۰} Webmineral

^{۱۱} basis-fluor-cerium

^{۱۲} Hisinger

^{۱۳} HREEs: Heavy Rare Earth Elements



شکل ۱-۵- باستانائزیت (به رنگ مایل به زرد)، مونته‌ین‌پس ۱۴ کالیفرنیا

نبود اورانیم و توریم در باستانائزیت نشانه این است که این کانی جانشین مونازیت (به عنوان یک کانه اولیه دارای LREE) شده است. کانیهای وابسته ممکن است از جانشینی یونهای فلئور و کربنات بدست آیند. هرچند باستانائزیت به مقدار فراوان تشکیل نمی‌شود، ولی یک کانی رایج بوده که در انواعی از سنگهای آذرین مانند کربناتیتها، کانسارهای رگه‌ای، سنگهای دگرگونی مجاورتی و پگماتیتها تشکیل می‌شود (گوپتا و کریشنامورتی، ۲۰۰۵). به طور کلی، کانسارهای اصلی با توده‌های کربناتیتی پیوند دارند. کربناتیتها ۱۵ بیشتر در ارتباط با توده‌های نفوذی قلیایی هستند.

۱-۸-۳- زنوتایم

برزیلیوس ۱۶ نخستین کسی بود که زنوتایم (نگاره ۲-۳) را در نمونه دستی از منطقه هیدرا، واقع در فلک فیورد در وست آگدر نروژ توصیف نمود (برزیلیوس، ۱۸۲۴، ۱۸۲۵). نام این کانی ریشه در واژه‌های یونانی زنوس به معنی "غریبه" و تایم به معنی "افتخار" دارد. فرمول کلی زنوتایم YPO_4 است و برخلاف مونازیت و باستانائزیت، علاوه بر Y دارای مقادیر چشمگیری HREE (عناصر نادر خاکی سنگین: Y, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb و Lu) نیز است. زنوتایم می‌تواند حاوی ۶۷ درصد اکسید نادر خاکی، عمدتاً از گونه‌های سنگین‌تر باشد (گوپتا و کریشنامورتی، ۲۰۰۵). رایج‌ترین عناصر موجود در این کانی دیسپروزیم، یتربیم، اربیم و گدولنیم می‌باشد. زنوتایم دارای مقادیر کمتری تربیم، هولیم، تولیم و لوتتیم است. این کانی منبع اصلی عناصر نادر

^{۱۴} Mountain Pass

^{۱۵} کربناتیتها سنگهای آذرین کربناتی (غالباً نفوذی) کمیابی هستند که حاوی بیش از ۵۰ درصد کربنات می‌باشند. در سراسر دنیا، تنها یک نمونه از سنگهای خروجی آنها شناخته شده است: سنگها و گدازه های آتشفشان (فعال) Ol Doinyo Lengai در تانزانیا.

^{۱۶} Berzelius

خاکی سنگین است (جدول ۳-۱)، ولی مانند موناژیت دارای توریم و/یا اورانیوم نیز هست که بسته به جایگاه کانسار و غلظت این دو عنصر در کانی، می‌توانند محصول جانبی یا عنصر مزاحم^{۱۷} باشد. برای نمونه، فورستر^{۱۸} (۱۹۹۸a,b) فهرستی از تغییرات ترکیبی زنوتایم‌ها و موناژیت‌های کوه‌های ارتس/فیشل ۱۹ آلمان فراهم نمود. این فهرست نشان می‌دهد که زنوتایم تمایل دارد عناصر نادر خاکی سنگین (Lu, Yb, Tm, Er, Ho, Dy, Tb) را در خود متمرکز کند، در حالی که موناژیت تمایل دارد عناصر نادر خاکی سبک (Sm, Nd, Pr, Ce, La) را در خود جای دهد. زنوتایم کانی فرعی پگماتیت‌ها و دیگر سنگ‌های آتشفشانی (غیربازیک) می‌باشد، ولی در سنگ‌های دگرگونی نیز رایج است. زنوتایم، که بسیار به موناژیت شبیه است (گرتز و هاینریش ۲۰، ۱۹۹۷)، دارای وزن مخصوص بالایی نیز می‌باشد (۴/۴ تا ۵/۱ با متوسط ۴/۷۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب؛ وبمینرال، ۲۰۱۴)، و در پلاسرها و ماسه‌های کانیهای سنگین متمرکز می‌شود. با این وجود، این کانسارها چندان متداول نیستند (گوپتا و کریشنامورتی، ۲۰۰۵).



شکل ۱-۶- زنوتایم ماداگاسکار.

^{۱۷} pest

^{۱۸} Förster

^{۱۹} Erzgebirge/Fichtelgebirge

^{۲۰} Gratz and Heinrich

جدول ۱-۴- نمونه‌ای از ترکیب های نمونه موناژیت، زنوتایم، و باستنائزیت (وبمینرال، ۲۰۱۴).

عنصر	موناژیت سریم‌دار	موناژیت لانتانیوم‌دار	زنوتایم یتریم‌دار
La ₂ O ₃	۱۶/۹۵	۳۳/۹۵	-
Ce ₂ O ₃	۳۴/۱۶	۱۷/۱۰	-
ThO ₂	۵/۵۰	۵/۵۰	-
P ₂ O ₅	۲۹/۵۵	۲۹/۵۸	۳۸/۶۰
Nd ₂ O ₃	۱۴/۰۱	۱۴/۰۳	-
Y ₂ O ₃	-	-	۶۱/۴۰
CO ₂	-	-	-
F	-	-	-
O=F ₂	-	-	-
مجموع	۱۰۰/۱۷	۱۰۰/۱۷	۱۰۰/۰۰
عنصر	باستنائزیت سریم‌دار	باستنائزیت لانتانیوم‌دار	باستنائزیت یتریم‌دار
La ₂ O ₃	۷۴/۹۰	-	-
Ce ₂ O ₃	-	-	-
ThO ₂	-	-	-
P ₂ O ₅	-	-	-
Nd ₂ O ₃	-	-	-
Y ₂ O ₃	-	-	۶۷/۲۴
CO ₂	۲۰/۰۸	۲۰/۲۰	۲۶/۲۱
F	۸/۶۷	۸/۷۲	۱۱/۳۱
O=F ₂	-۳/۶۵	-۳/۶۷	-۴/۷۶
مجموع	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰

درباره اکتینیدها، موناژیت بیشتر مایل است توریم را در خود جای دهد، در حالی که زنونیم اورانیم را در خود متمرکز نموده و مقادیر چشمگیری توریم نیز در خود جای می‌دهد. بر طبق دیر و همکاران (۲۰۱۳)، گونه‌های رایج موناژیت دارای ۴ تا ۱۲ درصد مولی ThO_2 است، ولی اورانیم به مقدار ناچیزی در آنها یافت می‌شود. ون امدن و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کرده‌اند که محتوای ThO_2 موناژیت بین ۱/۲ تا ۲۱/۹ درصد وزنی تغییر می‌کند، ولی میزان UO_2 از حد تشخیص دستگاهی تا ۰/۷۵ درصد وزنی متغیر است. آنالیزهای زنونیم نشان داده است که محتوای UO_2 از حد تشخیص دستگاهی تا ۵/۸۲ درصد وزنی و میزان ThO_2 از حد تشخیص تا ۸/۴۴ درصد وزنی متغیر است. وات (۱۹۹۵) فهرستی از ترکیبهای موناژیت آماده کرد که بر اساس آن، درصد وزنی توریم از ۵/۱۷ تا ۲۱/۴۱ و درصد وزنی UO_2 از ۰/۲۲ تا ۳/۱۷ تغییر می‌کند.

۱-۸-۴- یودیالیت ۲۳

یودیالیت (شکل ۳-۶) برای نخستین بار توسط کلپروت (۱۸۱۰) توصیف شد. یودیالیت یک سیلیکات حلقوی به فرمول شیمیایی کلی $\text{Na}_4(\text{Ca,Ce})_2(\text{Fe}^{2+},\text{Mn}^{2+})\text{ZrSi}_8\text{O}_{22}(\text{OH,Cl})_2$ است. نام این کانی از واژه‌ای یونانی به معنی "به سادگی قابل تجزیه" گرفته شده است، که به انحلال ساده آن در اسیدها اشاره دارد (آنتونی و همکاران ۲۵، ۲۰۱۴). یودیالیت آذرین درون سنگهای آذرین نفوذی قلیایی تحت اشباع و پگماتیت های وابسته با آنها تشکیل می‌شود (کتابچه کانی شناسی، ۲۰۰۱؛ دیر و همکاران، ۱۹۸۶؛ Mindat.org، ۲۰۱۴). ترکیب دو یودیالیت رایج در جدول ۲-۲ آمده است.

^{۲۱} Deer et al.

^{۲۲} Van Emden et al.

^{۲۳} Eudialyte

^{۲۴} Klapproth

^{۲۵} Anthony et al.

جدول ۱-۵- ترکیب دو یودالیت رایج (کتابچه کانی شناسی، ۲۰۰۱).

عنصر	درصد وزنی	وزنی
SiO ₂	۵۰/۳۵	۵۰/۱۴
TiO ₂	۰/۳۸	۰/۴۶
ZrO ₂	۱۱/۸۰	۱۱/۸۳
Al ₂ O ₃	۰/۴۴	۰/۰۷
REE ₂ O ₃	۶/۴۰	۰/۳۷
Fe ₂ O ₃	۰/۱۹	۰/۵۰
Nb ₂ O ₅	۰/۶۹	۰/۱۱
FeO	۲/۴۱	۵/۳۲
MnO	۱/۳۴	۰/۶۰
MgO	۰/۱۳	۰/۲۴
CaO	۹/۷۴	۱۱/۱۸
SrO	۰/۱۱	۰/۴۷
Na ₂ O	۱۲/۵۳	۱۴/۰۶
K ₂ O	۰/۴۳	۱/۳۹
F	۰/۲۳	
Cl	۱/۴۷	۱/۸۲
H ₂ O ⁺	۱/۶۴	۱/۰۷
H ₂ O ⁻		۰/۱۲
P ₂ O ₅	۰/۰۳	
S		۰/۰۴
-O = (F,Cl) ₂	۰/۴۳	۰/۴۱
مجموع	۹۹/۸۸	۹۹/۳۸



شکل ۱-۷- یودیالیت (بخشهای دارای رنگ مایل به قرمز)، گرینلند

جدول ۱-۶- محتوای عناصر نادر خاکی در یودیالیت (هریس و همکاران، ۱۹۸۲).

درصد وزنی	REE ₂ O ₃
۳/۶۱	Y ₂ O ₃
۱/۱۳	La ₂ O ₃
۲/۳۷	Ce ₂ O ₃
۰/۲۷	Pr ₂ O ₃
۱/۱۲	Nd ₂ O ₃
۰/۲۹	Sm ₂ O ₃
۰/۶۹	Gd ₂ O ₃
۰/۵۲	Dy ₂ O ₃
۰/۴۸	Er ₂ O ₃
۰/۱۸	Yb ₂ O ₃
۱۰/۶۶	مجموع

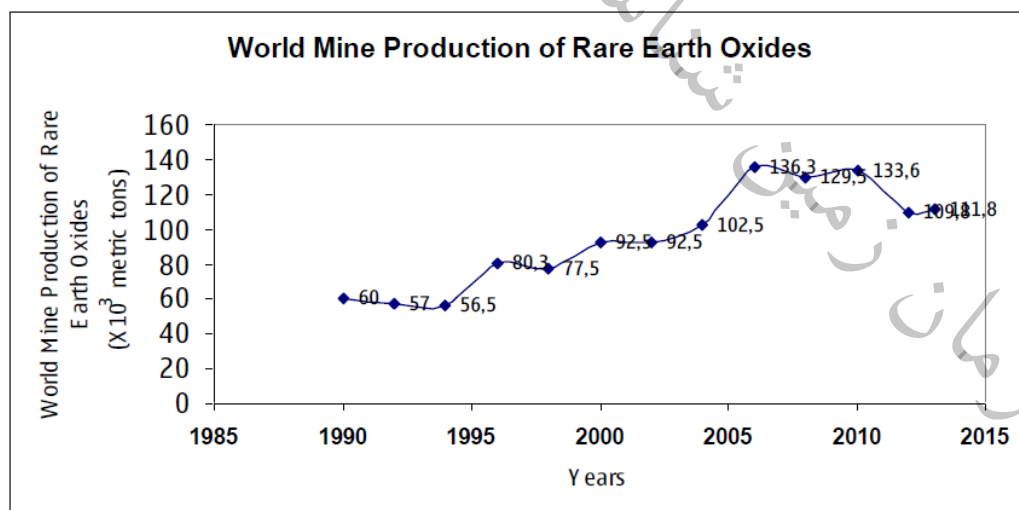
۹-۱- ذخایر و تولید عناصر نادر خاکی

بر اساس گزارش سازمان زمین شناسی امریکا تولید و ذخایر عناصر نادر خاکی در سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ طبق جدول زیر برای کشورهای تولید کننده می باشد. کشورهای چین، امریکا و برمه بزرگترین تولید کننده های عناصر نادر خاکی هستند. از نظر ذخایر هم چین، ویتنام و برزیل و روسیه بیشترین ذخایر را دارند.

جدول ۱-۷- تولید و ذخایر عناصر نادر خاکی در جهان

	Mine production		Reserves ⁸
	2019	2020 ^e	
United States	28,000	38,000	1,500,000
Australia	20,000	17,000	⁹ 4,100,000
Brazil	710	1,000	21,000,000
Burma	25,000	30,000	NA
Burundi	200	500	NA
Canada	—	—	830,000
China	¹⁰ 132,000	¹⁰ 140,000	44,000,000
Greenland	—	—	1,500,000
India	2,900	3,000	6,900,000
Madagascar	4,000	8,000	NA
Russia	2,700	2,700	12,000,000
South Africa	—	—	790,000
Tanzania	—	—	890,000
Thailand	1,900	2,000	NA
Vietnam	1,300	1,000	22,000,000
Other countries	66	100	310,000
World total (rounded)	220,000	240,000	120,000,000

تولید اکسید عناصر نادر خاکی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ در شکل ۳-۷ نمایش داده شده است.



شکل ۱-۸- نمودار تولید اکسید فلزات نادر

۱۰-۱ - قیمت عناصر نادر خاکی

جدول ۳-۵ قیمت اکسید عناصر نادر خاکی را بر اساس هر کیلوگرم بر دلار ۲۰۱۸ میلادی نشان می دهد.

جدول ۱-۸ - قیمت اکسید تعدادی از عناصر نادر خاکی

نام اکسید	قیمت به دلار بر کیلوگرم
ترسیم	628
دیسپرسیوم	258
نئودیم	47
لانتانیوم	2
سریم	2

۱۱-۱ - تانتالیوم و نیوبیوم

از آنجا که بخشی از بحث ما مربوط به آنومالی نیوبیوم است به مقدمه ای از نیوبیوم و تانتالیوم می پردازیم: تانتالیوم (Ta) به طور عمده در ذخیره انرژی خودروهایی برقی، تلفن های همراه و رایانه های شخصی و همچنین درلنزهای شیشه ای و به عنوان لانتانیوم کاربرد در ابزارهای برش استفاده می شود. موارد اصلی استفاده از نیوبیوم (Nb) فولادهای کم آلیاژ با مقاومت بالا و آلیاژهای سوپر برای صنعت هوافضا استفاده می شود.

تانتالوم و نیوبیوم معمولاً فلزات استراتژیک و مهم در جامعه مدرن و دارای حساسیت بالا هستند. این فلزات از آنجا که استراتژیک در نظر گرفته می شوند، مداخلات دولت ها رتبه بندی پروژه را مختل می کند.

۱-۱۱-۱ - زمین شناسی نیوبیوم و تانتالیوم

منابع اصلی اصلی Ta در جهان در پگماتیت موجود است. منابع مهم همچنین در پوسته های هوازده انواع کانسارهای سنگ سخت که قبلاً ذکر شد که می تواند در آن تانتالیوم ممکن است یک محصول مشترک از قلع باشد.

بیشتر نیوبیوم دنیا در سطح جهان از کربناتیت ها استخراج می شوند زیرا هم عیار بالایی دارند و هم از لحاظ متالورژی استخراج آنها راحتتر است. نفوذی های پرآلکالین به خصوص در بخش های پگماتیتهای که همراه با

عناصر نادر خاکی هستند از منابع دیگر نیوبیوم است. در اینجا به کانسارهای وابسته به پگماتیت ها پرداخته می شود:

پگماتیت یک سنگ نفوذی دانه درشت که دارای بلورهایی است که اندازه آن بیشتر از یک سانتی متر است. پگماتیت معمولاً به صورت دایک، عدسی یا رگه های نزدیک حاشیه باتولیت ها تشکیل می شود. پگماتیت ها عموماً همراه آپلیت هستند.

کانی سازی تانتالیوم در هر بافتی ممکن است وجود داشته باشد ولی عموماً در آپلیتها که ریز دانه هستند احتمال آن بیشتر است.

تانتالیوم و نیوبیوم دو فلز مشابه استراتژیک هستند که آنها به طور خاص همراهند این فلزات دارای خواص زیر می باشند:

- هر دو عناصر لیتوفیل هستند تمرکز بالای آنها مربوط به عواملی چون وجود گرانیتهای (به خصوص در مورد تانتالیوم) و گرانیتهای قلیایی، نفلین سینیت، سنگ های فوق بازی قلیایی و کربناتیت ها می باشد. از طرفی آنها همراه فرآیند های متالوماتیسم قلیایی به وجود می آیند.

کم بودن ضریب پراکندگی نیوبیوم و خصوصاً تانتالیوم باعث می شود هر دو عنصر در مراحل انتهایی به صورت کمپکس های چند فازی نفوذی تشکیل شوند. تمرکز تانتالیوم به نسبت بیشتر از نیوبیوم می باشد.

- هر دو عنصر نقطه ذوب بالایی دارند، همچنین آنها دارای خاصیت چکش خواری و مقاوم در برابر درجه حرارت های بالا و فعالیت های اسیدی می باشند.

- نیوبیوم عنصری آلیاژی است که در فولادهای ضد زنگ به عنوان مقاوم حرارتی و در ساختمان مواد رآکتور های هسته ای بکار می رود.

- با افزودن قلع و زیرکون به نیوبیوم در حرارت های پایین به مواد ابر رسانا تبدیل می شود.

- تانتالیوم در الکترو رادیومتری، ساخت ابزارهای کاربرد، تجهیزات فلزی، تولید سوپرآلیاژ ها، در تهیه ابزار جراحی، عکاسی (اکسید)، اجزاء سازنده موتور جت، تجهیزات فرآیند شیمیایی، رآکتورهای هسته ای و بخشهای موشک استفاده می شود.

- تانتالیوم را می توان از نیوبیوم به عنوان محصول جانبی استخراج نمود.

از نظر ژئوشیمی آنها با میزان بالایی از Li, F, Rb, Cs, Be, Sn و گاهی W مشخص می شوند.

کانی های مهم نیوبیوم و تانتالیوم:

- نیوبیت یا کلمبیت با فرمول شیمیایی $[(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6]$ مهمترین کانی نیوبیم تانتالیوم دار است.

- کانی پیروکلر با فرمول شیمیایی $Na CaNb_2O_6F$ و ایوکسنیت کانی های حاوی نیوبیم می باشند.

-تانالتی [Fe, Mn)Ti₂O₆] مهمترین کانی تانتالیوم دار است.

-سامارسکیت، ایوکسینیت، فرگوسنیت و نمک های تانتالیوم دار از دیگر کانی های مهم می باشند.

۱-۱-۱-۱- انواع کانسارها

- کانسارهای ماگمایی

این نوع ذخایر دارای لوپاریت می باشند. لوپاریت در ارتباط با ماگماهای تکتونیکی فعال شده در سپرهای قدیمی تشکیل شده و به صورت سیکل های هم مرکز در نقشه ها و اشکال گنبدی در مقاطع عمودی می باشد. کانی سازی در کمپلکس لایه ای شکل جای گرفته است که به صورت متناوب و در بین لایه های تیره تا روشن سنگ های قلیایی قرار گرفته است. تمرکز کانی لوپاریت شامل ۰/۵ تا ۰/۶ درصد Ta₂O₅ با نسبت ۱ : ۱۳ تا ۱ : ۱۴ از Nb₂O₅/ Ta₂O₅ می باشد.

- ذخایر پگمایتی

تانالیوم به عنوان یک محصول جانبی از پگمایت های اسپدومن دار (شبهه ذخایر لیتیوم) و پگمایت ها که پلوسیت دارند، می باشد. کانی سازی تانتالیوم شامل کلمبیت-تانالتی، ایکولیت و منگانوتانتالیوم می باشد که به صورت یک جدایش ثقلی پراکندگی خوبی به وجود آورده است. کانی سازی تانتالیوم در عمق با شدت کمتری صورت می گیرد و تمرکز لیتیوم کاهش می یابد. پگمایت ها شامل ۰/۰۲ تا ۰/۰۳ درصد Ta₂O₅ با نسبت Nb/Ta ۱ : ۱ تا ۳ : ۱ می باشد.

- کانسارهای متاسوماتیسم فلدسپاتی

این تیپ در زون فعال تکتونیکی قرار گرفته و در پیرامون سنگ های نفوذی قابل توجه می باشد. فرایند متاسوماتیسم قلیایی در امتداد گسل ها رخ داد. در محل نقاط گسل ها در خمیدگی انتهای چین خوردگی ها شدت بیشتری نشان می دهد. کانی سنگ اصلی پیروکلر غنی از Tr و شامل ۴ تا ۶ درصد Ta₂O₅ همراه نسبت Nb/Ta ۱ به ۱۰ تا ۱ به ۱۲ می باشد.

- کانسارهای کربناتیتی

کربناتیتها و پوسته های فرسایش یافته منابع مهم نیوبیوم هستند. و در ارتباط با گسل های با خاستگاه عمیق هستند. توده های کربناتیت و سنگ های فوق بازی قلیایی در اعماق مختلف تشکیل می گردد و محصول تولید شده آنها توسط فعالیت های آتشفشانی در سطح زمین به وجود می آید. (کانی زایی عناصر کمیاب)

نوع اول: توده های هم مرکز گرد شده و شبیه لنز با ساختمان مرکزی در کربناتها که در مرحله نهایی جدایش کمپلکس های سنگی فوق بازی قلیایی ظاهر می شوند. (در درون سنگهای فوق بازی)
 نوع دوم: مناطقی که به صورت ممتد و اغلب در تناوبی با سنگ های قدیمی در گسترش یافته اند. (در حاشیه سنگهای فوق بازی)

- کانسارهای هوازدگی

پوسته های سطحی جدید که توسط هوا زدگی از کلمبیت غنی شده اند در کشورهای گرمسیر یافت می شوند. در جایی که گرانیتهای دارای کلمبیت گسترش وسیعی دارند. اکثر پوسته های هوازده بالای کربناتیت ها حاوی بالا ۱۰ تا ۱۵ درصد P_2O_5 و ۱ تا ۴ درصد Ta_2O_5 می باشد. پوسته های هوازده تشکیل شده در منطقه کمی محصور می گردد و غنی شدگی اغلب تا عمق ۱۰۰ متری ادامه دارد و کربناتیت های اخراپی غیر یکنواختی که توسط آبرفت پوشیده شده کارستی شده اند. بر اساس نسبت نیوبیوم به لانتانیوم این ذخایر را تقسیم بندی می کنند. همه این ذخایر را می توان به گروه های زیر تقسیم نمود:

جدول ۱-۹- تقسیم بندی ذخایر نیوبیوم لانتانیوم

Nb/Ta	نوع ذخیره
بیشتر از ۲۰	ذخایر نیوبیوم
بین ۶-۲۰	ذخایر نیوبیوم - تانتالیوم
بین ۳-۶	ذخایر تانتالیوم

از لحاظ تناژ و عیار جدول ۳-۷ تقسیم بندی این ذخایر را نشان می دهد.

جدول ۱-۱۰- عیار و ذخیره

نوع ذخیره	Nb_2O_5	Ta_2O_5
ذخایر بزرگ	۵۰۰ هزار تن	۱۰ تا ۱۵ هزار تن
ذخایر کوچک	۱۰۰ هزار تن	۱ تا ۲ هزار تن

ذخایر پر عیار	۰/۴ تا ۰/۵ درصد	۰/۲۵ درصد
ذخایر عیار پایین	۰/۱ تا ۰/۱۵ درصد	۰/۱۲ تا ۰/۱۵ درصد

۱-۱۲- زیرکونیم، هافنیم و اسکاندیم

زیرکونیم و هافنیوم از نظر ژئوشیمی بسیار شبیه یکدیگر می باشند معمولاً در سنگ ها و کانی ها در محل پیدایش آنها با یکدیگر یافت می شوند.

در سال ۱۷۸۹ زیرکونیم به صورت اکسید از زیرکن جدا سازی شده بود و بعد از آن نام کانی، به آن اطلاق گردید.

نقطه ذوب بالا، مقاومت در برابر اسید و ذوب شدن داشتن قسمت هایی با قدرت جذب پائین نوترون به عنوان یک ماده کامل جهت محافظت مواد مورد استفاده در سوخت و ساختمان رآکتورها می باشد.

این عنصر با افزودن به آلیاژهای غیر آهنی در صنعت هواپیما سازی و اتومبیل سازی کاربرد دارد.

به خاطر دیر گذاری طبیعت زیرکونیم در مواد ریخته گری جهت ریخته گری مواد آهنی و چدنی به شکل عنوان آجر و بلوک در کوره های شیشه استفاده می شود.

هافنیوم دارای نقطه ذوب ۳۹۰۰ درجه سانتی گراد است و به شکل کاربید و تولید عایق های حرارتی استفاده می شود.

۱-۱۲-۱- انواع کانسارها

گرانیت های قلیایی و متاسوماتیسم فلدسپاتی حاوی ۱ تا ۲ درصد ZrO_2 می باشد (در کانی کلمبیت). زیرکن این گونه ذخایر غنی از هافنیوم است ($Zr/Hf=15$).

به صورت محصول جانبی از معادن آلبیتی دارای کانی زایی پیروکلر که همراه نفلین سینیت می باشد به دست می آید.

بدلائیت به صورت محصول جانبی از ترکیبات معدنی کانه های فوستریت-آپاتیت-مگنتیت و پیروکلر موجود در کربناتیت ها یافت شده و در سنگ های فوق قلیایی بازی تشکیل می گردد.

اسکاندیم یک عنصر نرم سفید نقره‌ای، از دسته فلزها، با عدد اتمی ۲۱، و از دیدگاه تکنیکی یک فلز میانجی/واسطه می باشد.

ویژگی‌های اسکاندیم به لانتانایدها (عنصرهای کمیاب خاک) نزدیک است و در برخی از دسته‌بندی‌ها این عنصر را از گروه "عنصرهای کمیاب خاکی" می‌دانند. اندازه‌ی کوچک یون اسکاندیم اجازه‌ی واکنش شیمیایی با عنصرهایی همچون آلومینیوم و منیزیم را به آن می‌دهد. اسکاندیم، در گونه‌ی فلزی و یا اکسید، کاربردهای فراوانی دارد که برجسته‌ترین آنها در سلول‌های سوختی، آلیاژهای بسیار استوار آلومینیوم برای کاربردهای هوایی و فضانوردی، چراغ‌های هالوژنی، سرامیک، ابزار الکترونیکی و پژوهش‌های لیزر است.

کشور
سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی

کشور

معدنی

شفافیت

فصل دوم

زمین شناسی عمومی

سازمان زمین شناسی

۲-۱- مقدمه

محدوده مورد مطالعه در ورقه‌های زمین شناسی فریمان، مشهد و طرقله قرار دارد و بخش زمین شناسی از گزارشات این ورقه‌ها استفاده گردیده که توضیحات بر اساس زمین شناسی هر آنومالی آورده می‌شود. همچنین مطلب تهیه شده در مورد گرانیتهای مشهد از دست نوشته‌های مهندس اکرمی می‌باشد.

۲-۲- زمین شناسی سنگ بست

در میانه مرز شمالی به سوی جنوب خاور، جنوب شهرک سنگ بست، توده نفوذی نسبتاً بزرگی با روند شمال باختر جنوب خاور در سنگ‌های دگرگونی نسبت داده شده به پرمین جایگزین شده است. درازای این توده تقریباً ۱۰ کیلومتر و پهنای میانگین آن ۴ تا ۴/۵ کیلومتر است، لذا سطح رخنمون آن حدود ۳۷ کیلومتر مربع است. اثر دگرگونی گرمایی (همبری) در سنگ‌های میزبان به علت آنکه خود دگرگون بوده‌اند، آشکار نیست. این گرانیته در اصل لوکوگرانیته است دانه درشت تا متوسط، با دانه بندی تقریباً یکنواخت که می‌توان آن را گرانیته‌توئید هم نامید. بافت این سنگ دانه‌ای- میکریته و گاهی پورفیری است.

کانیهای اصلی آن عبارتند از: کوارتز (بی شکل با خاموشی موجی، درشت بلور و گاهی دارای حاشیه خرد شده) فلدسپارها غالباً از نوع ارتوکلاز و میکروکلین که به صورت بلورهای بی شکل تا نیمه شکل دار دیده می‌شوند. در حاشیه فلدسپارها آثار خردشدگی و نیز شکستگی را می‌توان مشاهده کرد. این پدیده و خاموشی موجی کوارتزها می‌تواند دلیلی بر فشارهای زمین ساختی وارده به توده نفوذی یاد شده باشد. بلورهای پلاژیوکلاز بیشتر به صورت شکل دار تا نیمه شکل دار است. ترکیب آنها اولیگوکلاز- آلبیت و دارای ماکل‌های آلبیت- کارلسباد و پلی سنتتیک است.

بیوتیت که به صورت بلورهای شکل دار و بی شکل در این سنگ‌ها دیده می‌شود، حاوی میان بارهایی از آپاتیت است که بلورهای آن گاه در اثر فرآیند دگرسانی به کلریت و اکسید آهن تجزیه شده‌اند. بلورهای مسکوویت هم به صورت شکل دار تا بی شکل و به ابعاد ریز و درشت با فراوانی متغیر در این سنگ‌ها دیده می‌شوند. وجود درزه‌ها و اندازه دانه‌بندی از عوامل تسریع کننده فرآیندهای دگرسانی و هوازدگی در سنگ‌های این توده بوده است.

رگه‌های پگماتیته در جهت‌های مختلف در این توده تزریق شده است. رگه‌های مذکور با رنگ روشن‌تر، از بلورهای درشت‌تر از توده اصلی تمیز داده می‌شوند. بلورهای درشت فلدسپارهای قلیایی، مسکوویت، کوارتز و به ندرت بیوتیت کانیهای اصلی سازنده رگه‌های پگماتیته این توده است. توده گرانیته‌توئیدی سنگ بست ادامه

توده گرانیتوئیدی مشهد است که بیشترین گسترش آن، با روند شمال باختری- جنوب خاوری از میانه جنوب باختری تا مرز جنوبی نقشه مذکور ادامه دارد.

درباره سن این گرانیت، اختلاف نظر وجود دارد. ضرغام معزز و آلبرتی (۱۹۷۴) سن جایگزینی توده را به روش پتاسیم- آرگون به ژوراسیک پسین- کرتاسه پیشین نسبت می دهند. اما از آنجا که قلوه‌هایی از این گرانیت در کنگلومرای پایه سازند کشف رود به سن بازوسین یافت می شود، و دیگر اینکه توده یاد شده مجموعه افیولیتی مشهد و رسوبات وابسته به آن مجموعه را بریده است. لذا سن تریاس پسین- ژوراسیک پیشین برای آن به واقعیت نزدیک تر است.

۲-۳- زمین شناسی محدوده خواجه مراد در ورقه مشهد

از آنجا که در این تیپ کانی سازی توده های گرانیتوئیدی و پگماتیت نقش اساسی دارند به شرح مفصل آنها می پردازیم:

ماگماتیسیم: مهمترین جلوه فعالیت های ماگماتیکی در پهنه ورقه ۱:۱۰۰،۰۰۰ مشهد توده گرانیتوئیدی با روند عمومی شمال غرب- جنوب شرق و وسعتی حدود ۲۶۰ کیلومتر مربع می باشد از نقطه نظر فازهای ماگمایی سه فاز اصلی در این پلوتون تشخیص داده می شود.

فاز نخست بیشتر گرانودیوریتی (g1) است و در نواحی جنوب شرق گسترش دارد و آنکلاوهای آن درون تورمالین مسکویت گرانیت (g2) دیده می شود. در فاز پنوماتولینی رگه های پگماتیتی و آپلیتی همه این مجموعه را قطع می کند. رخنمون جالب این مجموعه بنحو بارزی در کوه خواجه مراد تجلی پیدا کرده است. رگه های پگماتیتی ضخامتی بین ۰/۵ تا ۱ متر دارند. مینرالوژی رگه های پگماتیتی شامل فلدسپات پتاسیم، کوارتز، مسکویت های درشت بلور و پلاژیوکلاز و در پاره های نقاط بریل می باشد در بعضی مناطق میزان فلدسپات بنحوی افزایش می یابد که بهره برداری آنرا اقتصادی می نماید.

گرانیتوئید مشهد ضرغام معزز (۱۹۷۴) کریم پور (۱۹۹۲) میژنژاد مطالعه شده است. براساس آنالیزهای انجام شده ۸۵٪ نتایج دردیگرام پس از کوهزایی Postorogenic قرار می گیرد (مانیاری. پیکولی ۱۹۸۶) کریم پور- محمدحسن (۱۹۹۲) گرانیتوئید مشهد را نوع برخورد Collision Type می داند، باتوجه به مطالعه برخی شواهد بویژه در ناحیه خلج، که شیستوزیته توده گرانیتی را قطع می کند. این مسئله دور از نظر نیست که احتمالاً گرانیت مشهد شامل هردو تیپ گرانیت برخورد و پس از کوهزایی باشد.

ضرغام معزز و آلبرتی (۱۹۷۴) سن جایگزینی توده گرانیتی را بروش پتاسیم- آرگن ژوراسیک بالا کرتاسه زیرین می داند ولی با توجه به وجود پیل های گرانیتی در قاعده سازند کشف رود (بازوسین) از یک طرف و

عنایت به این مطلب که توده نفوذی مجموعه افیولیتی مشهد و رسوبات تورددیدایتی با سن تریاس را قطع می‌کند سن تریاس بالایی- ژوراسیک زیرین قابل قبول تر می‌باشد.

جوانترین رخداد ماگماتیکی فوران گدازه های آندزیتی و آندزیت بازالتی با سن آئوسن می باشد، هر چند برونزد گستره آنها بیشتر در ورقه نیشابور می‌باشد ولی رخنمون هایی از این واحد در ناحیه کمر باغ بند(غرب بازحوض) و شمال امان آباد دیده میشود. واحد نفوذی جوان غرب استاج با لیتولوژی دیوریت- گابرو و گابرو که واحد پالیوزوئیک(L.P) باسن نامشخص را قطع میکند، هم ارز این فاز ولکانیکی در نظر گرفته شده است. توده گرانیتوئیدی مشهد:

این توده نفوذی در منطقه‌ای به درازای ۶۰ و به پهنای ۴۰ کیلومتر، با وسعت حدود ۲۶۰ کیلومتر مربع در جنوب و باختر کلان شهر مشهد جای دارد. جاده قدیم و بزرگراه مشهد -باغچه هر دو از داخل این توده می گذرند. از این رو، دسترسی به بخش های مختلف گرانیت‌های مشهد به آسانی امکانپذیر است.

توده گرانیتوئیدی مشهد خود از چند فاز با ترکیب دیوریت، گرانودیوریت، مونزوگرانیت و لوکوگرانیت تشکیل شده است. بخش اصلی توده از جنوب قشلاق تا خلیج به طول ۲۲ و پهنای ۷ کیلومتر از جنوب خاور تا شمال باختر گسترده شده است. برونزدهای باختر ده نو و اطراف بند گلستان، وکیل آباد و کوهسنگی به توده گرانیتوئیدی وابسته بوده ولی به طور جداگانه دورافتاده اند. سنگ های میزبان گرانیت های مشهد را متافیولیت و متافلیش های پالئوتتیس تشکیل می دهند. واحدهای رسوبی دگرگون شده ویژگی های فلیشی گودال های عمیق پهنه فرورانش را نشان می دهند. این سنگ های دگرگونی احتمالاً در اواخر پالئوزوئیک (فاز هرسینین) در پهنه فرورانش و تحت تاثیر دگرگونی ناحیه ای به اسلیت، فیلیت، کوارتزیت، کالک شیست و متاچرت ودگرگون شده اند.

توده نفوذی گرانیتوئیدی مشهد همواره مورد توجه زمین شناسان ایرانی و خارجی بوده است. برای اولین بار جارجوسکی و همکاران (۱۹۷۳) ۲۶ گرانیت، دیوریت، افیولیت و سنگ های دگرگونی ناحیه بینالود را مورد بررسی قرار دادند. آلبرتی و معزز (۱۹۷۴) ۲۷ به بررسی سنگ شناسی توصیفی گرانیت‌های مشهد پرداخته و آلبرتی و همکاران (۱۹۷۴) بر روی کانی های بیوتیت و مسکویت به روش پتاسیم - آرگن سن سنجی نمودند. آنان سن های ۱۴۶، ۱۳۵، ۱۴۵، ۱۲۰ (±۳) میلیون سال (اواخر ژوراسیک - اوایل کرتاسه) را بدست آوردند.

مجیدی (۱۹۸۳) در پایان نامه دکتری خود افیولیت، سنگهای دگرگونی و گرانیتها را مطالعه نمود. وی گرانیت‌های جنوب مشهد را به چند فاز شامل انواع قدیمی یا گرانیت های پورفیروئید (g1)، انواع جدید یا

۱ - Jarchovski et al

۲ -Alberti and Moazez

گرانیت‌های روشن (g2) و رگه های پگماتیت - آپلیت (g3) تقسیم بندی کرد. وی سن ۲۵۶ میلیون سال را برای فاز g1 بدست آورد. گرانیت زایی g1 را همزمان با دومین مرحله دگرگونی ناحیه ای منطقه (کربونیفر بالایی) و گرانیت زایی g2 را همزمان با سومین مرحله دگرگونی ناحیه ای منطقه (تریاس بالایی) در نظر گرفت. میرنژاد (۱۹۹۱) در پایان نامه کارشناسی ارشد بر روی سنگ شناسی و ژئوشیمی عناصر اصلی توده‌های گرانیتی و پگماتیت مشهد مطالعه نمود. ولی زاده و کریم پور (۱۹۹۵) ویژگی های سنگ شناسی و ژئوشیمی عناصر اصلی گرانیت های مشهد را بررسی نمودند. کریم پور و همکاران (۲۰۰۶ و ۲۰۰۹ و ۲۰۱۱) در مقالات متعددی درباره پتروژنز، ژئوشیمی و سن سنجی فازهای مختلف توده گرانیتوئیدی مشهد مطالبی ارائه کردند. توده گرانیتوئیدی مشهد از توده های کوچکتر و با ترکیب متفاوت تشکیل شده که از قدیم به جدید شامل کوارتز دیوریت ده نو، گرانودیوریت وکیل آباد - کوهسنگی، فلدسپات مونزوگرانیت پورفیروئید سنگ بست - قشلاق (g1)، بیوتیت - مسکویت گرانیت (g2) و دایکهای آپلیت - پگماتیت خواجه مراد (g3) می باشند.

الف- دیوریت ده نو:

این توده دیوریتی در شمال باختر باتولیت گرانیتوئیدی مشهد و در باختر روستای ده نو برونزد دارد. از نظر ترکیب سنگ شناسی بین هورنبلند دیوریت تا تونالیت در نوسان است. مطالعه کانی شناسی مودال حضور کانیهای پلاژیوکلاز (۵۰٪ تا ۳۵٪)، فلدسپات پتاسیک (۱۴ تا ۱۰٪)، کوارتز (۱۴ تا ۹٪)، بیوتیت (۱۵ تا ۱۱٪)، هورنبلند (۲٪)، کانیهای فرعی مثل آپاتیت، زیرکن و ایلمنیت (<۲٪) را نشان می دهد. بافت سنگ نیمه شکل دار دانه متوسط می باشد. به دلیل گسترش بیشتر دیوریت در این نقطه بعنوان توده دیوریتی شناخته می شود. دگرگونی همبری در نزدیک توده دیوریتی و به صورت پهنه اسکارن دیده می شود. افزون بر این، بلورهای بیگانه گارنت (آلماندین) در محل همبری توده با سنگهای پلیتی آهن دار وجود دارد. نتایج مطالعات ژئوشیمیایی نمونه های این توده میزان SiO_2 و Al_2O_3 بالا را نشان می دهد. بنابراین توده دیوریتی در محدوده پتاسیم بالا، پرآلومین متوسط و کالکوالکالن بوده و ماگمای چنین سنگی از اعماق پوسته قاره ای منشاء گرفته است. دیوریت ده نو به سری ایلمنیت و نوع S تعلق دارد. سن توده دیوریتی با استفاده از کانی زیرکن وبه روش U-Pb، 4 ± 215 میلیون سال تعیین شده است (کریم پور و همکاران، ۲۰۱۰).

ب- گرانودیوریت وکیل آباد - کوهسنگی:

این توده گرانودیوریتی در دو نقطه اطراف وکیل آباد و کوهسنگی برونزد دارد. مطالعه کانی شناسی مودال حضور کانیهای پلاژیوکلاز (۴۰ تا ۳۰٪)، فلدسپات پتاسیک (۱۸ تا ۱۳٪)، کوارتز، (۲۷ تا ۱۵٪)، بیوتیت (۱۰ تا ۷٪)، کانیهای فرعی از قبیل آپاتیت، زیرکن و ایلمنیت (<۲٪) را نشان می دهد. بافت سنگ نیمه شکل دار متوسط تا ریز دانه است.

مطالعات ژئوشیمیایی بر روی نمونه های گرانودیوریتی نشان دهنده پائین بودن میزان SiO_2 بالابودن Al_2O_3 و نیز پتاسیم بالا، پرآلومین متوسط و کالکوالکالن می باشد. این توده به سری ایلمنیت و نوع S تعلق دارد. سن سنجی به روش U-Pb بر روی کانی زیرکن سن 4 ± 217 میلیون سال (تریاس بالایی آشکوب نورین) تعیین شده است (کریمپور و همکاران، ۲۰۱۰).

اندازه گیری ضخامت پوسته قاره ای در منطقه بینالود به روش ژئوفیزیکی توسط کانین (۱۹۸۷) حدود ۴۸ تا ۵۰ کیلومتر نشان می دهد. بنابراین، ماگمای اولیه دیوریت - گرانودیوریت ده نو وکیل آباد - کوهسنگی در عمق کمتر از ۵۰ کیلومتر و از ذوب متاگری واک - متاپلیت تشکیل شده و در محیط تکتونیکی حاشیه قاره جایگیری نموده است. این توده ها بعد از اولین مرحله دگرگونی ناحیه ای منطقه (هرسینین) و قبل از تشکیل کنگلومرای تریاس بالایی نفوذ نموده اند.

ج - فلدسپات مونزوگرانیت پورفیروئید (g1)

توده فلدسپات مونزوگرانیت پورفیروئید با ابعاد ۱۴ در ۷ کیلومتر در قسمت جنوبی توده گرانیتیوئیدی مشهد برونزد دارد. مطالعه سنگ شناسی مودال حضور کانی های کوارتز (۴۰ تا ۳۲٪)، فلدسپات پتاسیک (۴۲ تا ۳۲٪)، پلاژیوکلاز (۱۷ تا ۸٪)، بیوتیت (۱۰ تا ۵٪) و نیز کانیهای فرعی مثل آپاتیت و زیرکن را نشان می دهد. از نظر بافتی پورفیروئیدی دانه متوسط تا درشت و دارای پورفیرهای فلدسپات پتاسیک به طول ۲ تا ۳ سانتیمتر است. جهت یافتگی ضعیفی را در داخل زمینه سنگ و نیز پورفیرهای فلدسپات می توان دید، که احتمالاً این فابریک در طی فرآیندهای ماگمایی و در شرایط خمیری در این توده ثبت شده است. از نظر ترکیب سنگ شناسی از مونزوگرانیت تا گرانودیوریت در نوسان است.

از نظر ژئوشیمیایی کالکوالکالن سرشار از پتاسیم، پرآلومین متوسط بوده و به سری ایلمنیت و نوع S تعلق دارد. میزان عناصر LFSE مثل Rb, sr, Ba آن بالاست. نسبت Rb/Sr بین ۴٪ تا ۱۴٪ می باشد. این موضوع نشان می دهد مقدار فلدسپات پتاسیک در سنگ منشاء ماگمای مادر این سنگ زیاد بوده و بطور کامل ذوب شده است.

منشاء این توده مونزوگرانیتی بخش های زیرین پوسته قاره ای یا گوشته بالایی بوده که بوسیله پوسته قاره ای آرایش یافته و در محیط تکتونیکی حاشیه قاره همزمان با برخورد جایگیری نموده است. بر اساس سن سنجی U-Th-Pb بر روی کانی زیرکن توده مونزوگرانیت پورفیروئید (g1) سنی در حدود $3/6 \pm 201/3$ میلیون

سال (تریاس بالایی، آشکوب رتین) دارد. زمان نفوذ آن پس از اولین فاز دگرگونی ناحیه ای هرسینین و قبل از تشکیل کنگلومرای تریاس بالایی می باشد (کریمپور و همکاران، ۲۰۰۹).

د - بیوتیت مسکویت لوکوگرانیت (G2)

توده بیوتیت مسکویت لوکوگرانیت در محدوده خلج تا قشلاق به ابعاد ۷ در ۱۷ کیلومتر در قسمت میانی توده گرانیتوئیدی مشهد برونزد دارد. مطالعه سنگ شناسی مودال حضور کانی‌های کوارتز (۳۸ تا ۳۵٪)، فلدسپات پتاسیک (۲۵ تا ۲۱٪)، پلاژیوکلاز (۳۸ تا ۲۷٪)، مسکویت (۵ تا ۲/۵٪) و کانیهای فرعی از قبیل گارنت، آپاتیت، تورمالین و زیرکن را نشان می دهد. ویژگی های ژئوشیمیایی این توده لوکوگرانیتی آن را جزء گرانیت‌های پرآلمین به شدت فلسیک قرار داده که با میزان پذیرفتاری مغناطیسی SI ۵-۱۱×۱۰ تا ۵ و نسبت Fe^{3+}/Fe^{2+} کمتر از ۳۵٪ به سری ایلمنیت و نوع S وابستگی نشان می دهد. بنابراین از نظر کانی زایی مس، قلع و مولبیدن توانمندی ندارد بر اساس داده های ایزوتوپی ماگمای اولیه از پوسته قاره ای منشاء گرفته و با توجه به نسبت Rb/Sr (۱/۳ تا ۱) و CaO/Na_2O کم و بیش ۰/۳ در آن، ترکیب سنگ منشاء بین متاپلیت تا متاپسامیت بوده است. سن سنجی به روش U-Pb بر روی کانی زیرکن جدا شده از این توده لوکوگرانیتی سن $4 \pm 205/9$ میلیون سال را نشان می دهد (کریمپور و همکاران، ۲۰۰۶). البته با توجه به اینکه فلدسپات مونوزوگرانیت پورفیروئید (g1) سن ۲۰۱/۳ اعلام شده باید سن ارائه شده برای بیوتیت مسکویت لوکوگرانیت مورد تجدید نظر قرار گیرد. احتمالاً توده لوکوگرانیتی در اوایل ژوراسیک و قبل از آشکوب بازوسین در داخل توده های قدیمی تر گرانیت مشهد و سنگهای میزبان دگرگونی شده نفوذ کرده است. از نظر تکتونیکی جزء گرانیت‌های همزمان با برخورد بشمار می رود. در کوه خواجه مراد انکلاوهای متفاوتی از قبیل فلدسپات مونوزوگرانیت (g1) و سنگهای دگرگونی میکادار در داخل توده بیوتیت مسکویت لوکوگرانیت دیده می شوند که می توان نتیجه گرفت آنها سقف اتاقک ماگمایی را تشکیل می داده اند.

ه - پگماتیت - آپلیت (g3):

واحد پگماتیت آپلیت جوانترین بخش های توده گرانیتوئیدی مشهد هستند، که به صورت دو نوار یکی در حاشیه شمال خاوری توده لوکوگرانیتی اطراف خواجه مراد و دیگری در حاشیه جنوب باختری آن به پهنای حدود ۱/۵ کیلومتر نفوذ نموده‌اند. پگماتیت به صورت دایکهای در اندازه بین یک سانتی متر تا ۲۵ متر توده‌های گرانیتی قدیمی تر را مورد هجوم قرار داده است. اندازه کانی‌های متشکله آن از حد میکروسکوپی تا ده‌ها سانتی متر تغییر می کند. گاه بلورهای فلدسپات پتاسیک با قطر ۴۰ سانتیمتر دیده می‌شوند. پگماتیت را بر اساس مقدار کانیها می توان به چهار گروه تقسیم نمود.

پگماتیت نوع I: شامل ۹۰ تا ۶۰ درصد میکروکلین صورتی با کمی آلبیت به صورت پرتیت، ۲۰ تا ۵٪ کوارتز، ۲۰ تا ۵٪ مسکویت و ۵٪ سربیسیت

پگماتیت نوع II: شامل ۸۰ تا ۷۰ درصد فلدسپات پتاسیک با مقداری آلبیت، ۱۰ تا ۵٪ کوارتز، ۵٪ مسکویت، ۵٪ تورمالین (با طول بیش از ۱۲ سانتیمتر)

پگماتیت نوع III: شامل فلدسپات پتاسیک، کوارتز، مسکویت، آلبیت، گارنت و با یا بدون تورمالین (این نوع کمتر معمول است).

پگماتیت نوع IV: شامل فلدسپات پتاسیک، کوارتز، مسکویت، آلبیت و بریل (این نوع خیلی کمیاب است) (کریمپور و همکاران، ۱۳۹۰).

دایکهای آپلیت پگماتیت نیز همچون بیوتیت مسکویت لوکوگرانیت (g2) پرآلومین شدیداً فلسیک بوده و به نوع S تعلق دارد. این دایکها در مرحله پگماتیته - پنوماتولینی فعالیت ماگمایی با تجمع گاز، مواد فرار به همراه عناصر ناسازگار و نیز محلول سرشار از سیلیس به وجود آمده اند. ویژگی های شدیداً سیال آنها موجب شده به راحتی در شکستگی های سنگهای بالا و اطراف خود نفوذ نموده و آنها را مورد تهاجم قرار دهند. در جمع بندی می توان گفت توده های دیوریتی (ده نو) و گرانودیوریتی (وکیل آباد - کوهسنگی) دارای ویژگی های ژئوشیمیایی ساب آکالین پرآلومین متوسط و متعلق به سری ایلمنیت و نوع S بوده که در اوایل - اواسط تریاس جایگیری نموده اند. توده فلدسپات مونوزوگرانیت پورفیروئید (g1) کالکوالکالین سرشار از پتاسیم، پرآلومین متوسط بوده و به سری ایلمنیت و نوع S تعلق داشته، که در اواخر تریاس نفوذ کرده است. توده بیوتیت مسکویت لوکوگرانیت (g1) و دایک های آپلیت پگماتیت پرآلومین شدیداً فلسیک بوده که متعلق به سری ایلمنیت و نوع S می باشند، که در اوایل ژوراسیک نفوذ نموده و از نظر محیط تکتونیکی جزء گرانیت های همزمان با برخورد پوسته های قاره ای (syn-cold) می باشند.

۲-۴- زمین شناسی منطقه طرقله

زون ساختاری بینالود بر اساس واحدهای سنگی رخنمون یافته بخشی از محدوده برخورد قطعه لیتوسفری توران در شمال و قطعه لیتوسفر ایران در جنوب است که با بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس در تریاس فوقانی این دو قطعه به هم خورده و متصل شده اند.

بنابراین مرز صفحه ایران و توران را می توان در گستره این منطقه یافت. زون بینالود با طول بیش از ده ها کیلومتر از مجموعه ای متشکل از سنگهای افیولیتی و سنگ های دگرگونه وابسته به آن تشکیل یافته است. بخش افیولیتی که به عنوان بقایایی از پوسته اقیانوسی پالئوتتیس و سنگ های همراه به حساب می آیند پس از برخورد دو صفحه ایران و توران بر روی لبه جنوبی رانده شده است. به همین دلیل بیشترین سطوح تماس

واحدهای متشکله به صورت راندگی مشاهده می شود. این مجموعه از سنگهای مافیک و اولترامافیک نظیر پیروکسینیت، گابرو، ورلیت و لرزولیت به همراه گدازه هایی از بازالت های بالشی، مرمر، متاچرت، اسلیت و فیلیت تشکیل یافته است. متاچرت ها و مرمرها به صورت نواری نمایان بوده که حاصل دگرگونی رسوبات پلاژیک در گستره کف اقیانوس پالئوتتیس می باشند. مجموعه افیولیتی در این بخش توسط سنگهای رسوبی دگرگون شده که عمدتاً شامل اسلیت، فیلیت، مرمر، شیست، کنگلومرای دگرگون شده و اولیستوسترومها می باشد، احاطه شده است. علاوه بر سنگهای فوق مقادیر اندکی کوارتزیت، گدازه های مافیک و آمفیبولیت در این بخش نیز دیده می شود. طبقه بندی تدریجی در اسلیت ها و فیلیت ها، وجود بلوک های بیگانه (Exatic blocks) مؤید توربیدیتی بودن رسوبات اولیه این سنگها است.

اولیستوسترومها نیز عدسی شکل اند و ضخامتی حدود ده متر و طول بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر را دارند و عموماً واجد قطعات کربناته بوده که در بعضی جاهها دارای فسیل هایی با حفظ شدگی ضعیف از فسیل های دریایی همچون کرینویید هستند. سنگهای آذر آواری دگرگون شده با گسترش اندک و موضعی از اجزاء دیگر این واحدها به حساب می آیند. این سنگها شامل توف و لاپیلی توف دگرگون شده ای هستند که نتیجه فعالیت ولکانیکی در محیط خشکی بوده و پس از تشکیل به فرم ورقه رورانده از محل واقعی خود حمل و به این مجموعه الحاق یافته است.

بخش وسیع دیگری از زون بینالود از رسوبات شیلی و ماسه سنگی تشکیل یافته که پس از برخورد دو قاره در حوضه های رسوبی پیش بوم راسب شده اند. این مجموعه که در گزارشات تحت عنوان فیلیت مشهد خوانده می شوند دگرگونی کمی را نشانه می دهند و اغلب در حد شیست سبز توالی های ضخیم از اسلیت و فیلیت و شیل کمی دگرگون شده را نمایان می سازند که در آن طبقاتی از سیلتستون، متاسیلتستون و متاسندستون مشاهده می شود. بر اساس یافته های فسیل های گیاهی که توسط واعظ جوادی و همکاران تعیین شده است سن تریاس فوقانی- ژوراسیک زیرین به این مجموعه نسبت داده می شود. همچنین در اثر ذوب بخشی پوسته که در نتیجه تصادم دو قاره حادث می شود، توده های گرانیتوئیدی در بخشهایی از این زون ایجاد گشته است. همچنین ایجاد طبقات کنگلومرایی متعلق به ژوراسیک میانی (واحد JC₃) که به عنوان مولاس این کوهزاد برخوردی تلقی می شود عمده ترین واحدهای سنگی و چینه سنگی منطقه بینالود را در این زمان تشکیل می دهند. در نهایت پس از رسوبگذاری نهشته های کربناته و آواری در اواخر دوران دوم و دوران سوم در بخشهای جنوبی و جنوب شرق ایالت ساختاری بینالود با راسب شدن رسوبات آبرفتی کواترنری وضعیت آخرین رسوبات منطقه را مشخص می نماید.

کشور

معدنی

اكتشافات

فصل سوم

عملیات اکتشافی

و

شناسی

زمین

سازمان

۳-۱ - مقدمه

در این فصل به نتایج و مشخصات نمونه برداری از مناطق آنومالی انتخابی در سه ورقه و مشاهدات صحرایی برای عناصر استراتژیک می پردازیم. همانطور که قبلا ذکر شده محدوده های انتخابی در سه ورقه فریمان، مشهد و طرهبه که شامل مهمترین آنومالی عنصر نیویوم بودند، می باشد که پی جویی در این آنومالی ها انجام شد و نتایج جدیدی بدست آمد که به شرح آن می پردازیم.

۳-۲ - نمونه برداری

جهت اجرای پروژه با پیمایش های انجام شده در آنومالی های سه ورقه فریمان، مشهد و طرهبه تعداد ۸۶ نمونه از مناطق آنومال بصورت لبپری از واحدهای سنگی برداشت شد که لیست نمونه ها و شرح آنها همچنین نتایج آنالیز در ضمیمه شماره یک و دو آمده است. نقشه های پراکندگی نمونه ها در چهار آنومالی شامل یک طرهبه، آنومالی شماره دو خواجه مراد، آنومالی شماره سه کال چغوکلی و آنومالی شماره چهار سنگ بست در شکل ۳-۱ نشان داده شده است.

۳-۳- آنالیز و پردازش داده ها

نمونه ها در دو مرحله عملیات صحرایی برداشت شدند که مرحله اول آنالیزها برای عناصر مختلف طبق جدول ۴-۱ و مرحله دوم آنالیزها برای عناصر مختلف طبق جدول ۴-۲ آنالیز شده‌اند. در مرحله اول ۲۸ نمونه و در مرحله دوم ۵۸ نمونه برداشت شد.

جدول ۳-۱- جدول عناصر و روش آنالیز برای نمونه های مرحله اول

Analysis method	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
Concentration	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Elements	Ag	Be	Bi	Ce	Co	Cs	Dy	Er	Eu	Ga	Gd
Analysis method	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
Concentration	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Elements	Hf	Ho	In	La	Lu	Mo	Nb	Nd	Pr	Rb	Sc
Analysis method	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
Concentration	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Elements	Sm	Ta	Tb	Th	Tl	Tm	U	W	Y	Yb	Zr

جدول ۳-۲- جدول عناصر و روش آنالیز برای نمونه های مرحله دوم

Analysis method	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
Elements	Ag	As	Ba	Be	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Dy	Er
Concentration	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Analysis method	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
Elements	Eu	Ga	Gd	Ge	Hf	Ho	La	Li	Lu	Mn	Mo
Concentration	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Analysis method	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
Elements	Nb	Nd	Ni	P	Pb	Pr	Rb	S	Sc	Sm	Sn
Concentration	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Analysis method	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
Elements	Sr	Ta	Tb	Te	Th	Ti	Tl	Tm	U	V	Y
Concentration	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Analysis method	ICP	ICP	ICP								
Elements	Yb	Zn	Zr								
Concentration	ppm	ppm	ppm								

تعداد ۱۵ نمونه هم برای اکسید تیتانیوم و فسفر در مرکز مشهد آنالیز انجام شده است که نتایج آنها در جدول ۳-۴ آمده است.

جدول ۳-۳- نتایج آنالیز اکسیدهای تیتانیوم و فسفر

ROW	sample	%P ₂ O ₅	% TiO ₂
1	Az-Nb-6	0.84	2.19
2	Az-Nb-8	0.29	0.89
3	Az-Nb-18	1.41	2.28
4	Az-Nb-20	0.84	1.46
5	Az-Nb-24	0.22	1.4
6	Az-Nb-49	0.64	3.4
7	Az-Nb-52	0.77	1.81
8	Az-Nb-53	1.06	1.88
9	Az-Nb-54	1.41	2.18
10	Az-Nb-61	1.01	1.7
11	Az-Nb-66	1.32	2.38
12	Az-Nb-67	1.09	1.6
13	Az-Nb-73	0.91	2
14	Az-Nb-95	0.83	1.98
15	Az-Nb-97	1.11	1.99

مشخصات آماری نمونه های برداشت شده

خصوصیات آماری کلاسیک نمونه های مرحله اول در جدول ۴-۴ و مرحله دوم در جدول ۴-۵ آمده است. تمامی نتایج بر اساس گرم در تن است.

جدول ۳-۴- جدول خصوصیات آماری برای نمونه های مرحله اول

نام عنصر	Ce	La	Nd	Nb	Ta	Zr
کمترین مقدار	3.16	1.76	1.40	0.61	0.10	2.55
بیشترین مقدار	232.51	141.90	87.41	131.67	71.62	276.89
متوسط	55.13	30.73	21.75	42.98	12.37	85.77
انحراف معیار	66.75	38.48	24.84	38.22	22.77	75.56
نسبت ماکزیمم به متوسط	4.22	4.62	4.02	3.06	5.79	3.23

جدول ۳-۵- جدول خصوصیات آماری برای نمونه های مرحله دوم

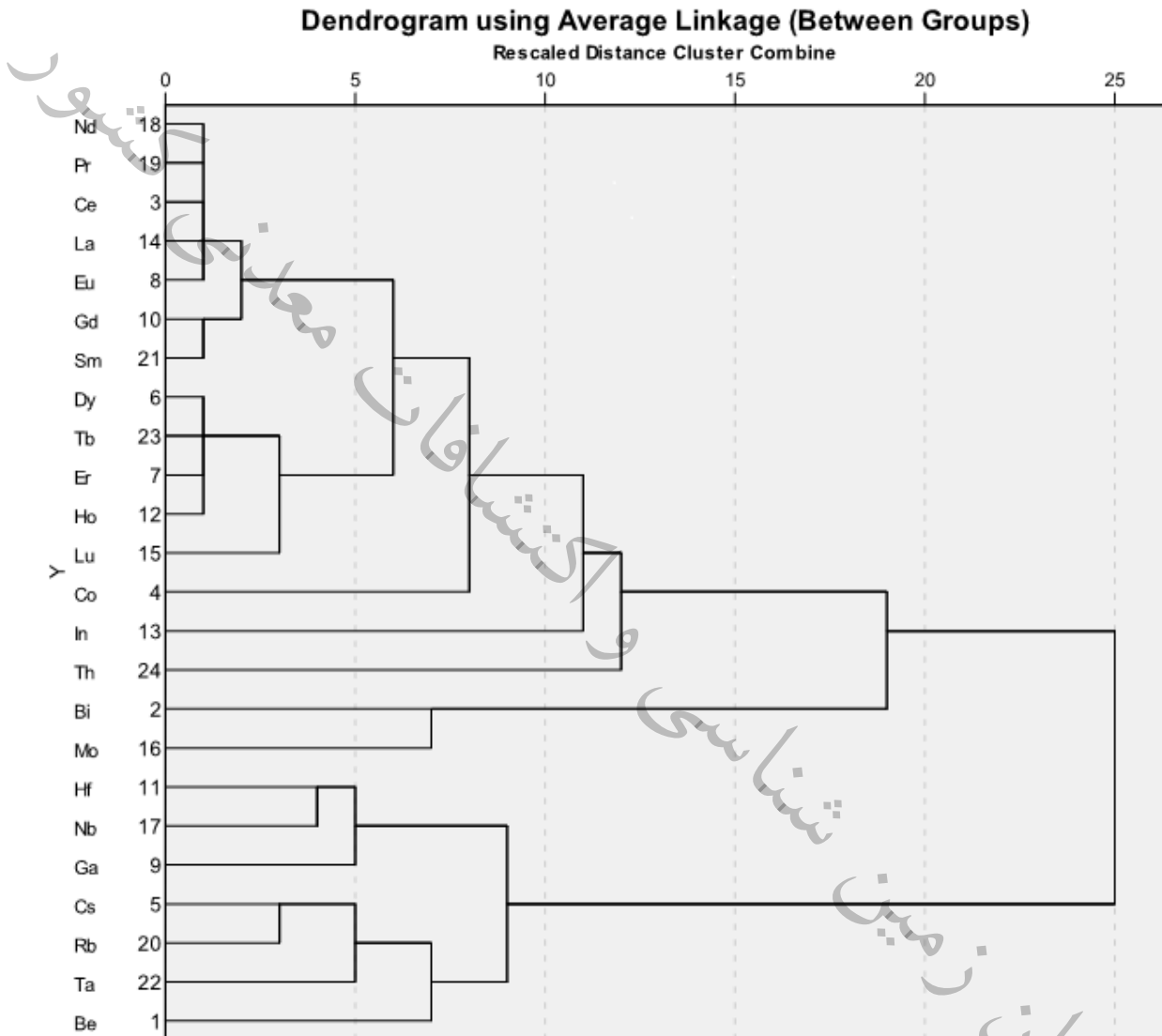
نام عنصر	Ce	La	Nd	Nb	Ta	P	Ti	Zr	Cu
کمترین مقدار	1.00	6.38	1.00	1.65	0.49	30.00	23.12	14.75	1.00
بیشترین مقدار	542	228	247	185	8	>10000	>10000	898.1	520.4
متوسط	61	41.9	26	40.7	1.4	1059.1	2861.7	255.4	32.15
انحراف معیار	81	34.5	34	36.33	1.3	1831.3	3658.2	230.3	69.94
نسبت ماکزیمم به متوسط	8.87	5.45	9.20	4.56	5.8	9.44	3.49	3.52	16.19

آنالیز خوشه‌ای داده‌ها

در تحلیل خوشه‌ای هدف دست یافتن به ملاکی جهت طبقه‌بندی هر چه مناسب‌تر متغیرها و یا نمونه‌ها براساس حداکثر تشابه درون گروهی و اختلاف هر چه بیشتر بین گروهی است. این خصوصیت کمک می‌کند تا بتوان متغیرها و نمونه‌ها را به صورت خوشه‌ای که بیشترین تشابه ممکن را درون خود و حداکثر اختلاف را بین خود دارند، طبقه‌بندی نمود. همان‌گونه که فاصله دو نمونه یا دو متغیر می‌تواند ملاک تشابه قرار گیرد، ضریب همبستگی بین دو متغیر نیز می‌تواند ملاک تشابه رفتاری آنها باشد.

براساس نمودار خوشه‌ای (تصویر ۴-۲)، می‌توان روابط ذیل را از این آنالیز به دست آورد.

مهمترین آنومالی در منطقه سریم و لانتانیوم است که با فسفر در یک گروه قرار گرفته اند. نیوبیوم و هافنیم و گالیم هم که آنومالی دوم محدوده هستند با هم در یک گروه قرار گرفته اند. بنابراین دو گروه آنومالی اصلی وجود دارد که در ادامه فصل به شرح آنها خواهیم پرداخت.



شکل ۳-۲- دندروگرام داده های برداشت شده

جدایش آنومالی بر اساس غنی شدگی نسبت به زمینه جهانی

جدول ۴-۶ زمینه جهانی عناصر نادر خاکی و تعدادی عناصر دیگر و جدول ۴-۷ نتایج ضریب غنی شدگی در این مطالعه را نشان می دهد که غنی شدگی نمونه ها نسبت به این زمینه محاسبه شده است. بر اساس این پردازش ۲۵ نمونه از کل نمونه ها آنومالی نشان می دهند.

جدول ۳-۶- زمینه جهانی عناصر نادر خاکی و فسفر، زیرکن و نیوبیوم

Element	Background
P (Phosphorus)	990 ppm
Zr (Zirconium)	130 ppm
Nb (Niobium)	17 ppm
Y (Yttrium)	29 ppm
La (Lanthanum)	34 ppm
Ce (Cerium)	60 ppm
Pr (Praseodymium)	8/6 ppm
Nd (Neodymium)	33 ppm
Sm (Samarium)	6 ppm
Eu (Europium)	1/8 ppm
Gd (Gadolinium)	5/2 ppm
Tb (Terbium)	0/93 ppm
Dy (Dysprosium)	6/2 ppm
Ho (Holmium)	1/2 ppm
Er (Erbium)	30 ppm
Tm (Thulium)	0/45 ppm
Yb (Ytterbium)	2/8 ppm
Lu (Lutecium)	0/56 ppm

جدول ۳-۷- جدایش آنومالی‌ها بر اساس غنی شدگی نسبت به زمینه جهانی

شماره نمونه	X	Y	Ce(Ei)	la(Ei)	Nb(Ei)	Nd(Ei)	Zr(Ei)	P(Ei)	Anomaly
AZN-63	757203	3982288	9.05	6.72	1.53	7.49	1.11	10.10	P,Ce,La,Nd
AZ-NB-18	754916	3985069	3.88	4.17	3.76	2.65	1.77	0.00	Ce,La
AZ-NB-19	754714	3985596	3.40	3.79	3.96	2.31	2.07	0.00	Ce,La
AZN-54	754472	3983437	3.14	2.91	5.65	2.00	6.76	5.40	P,Ce,La,Nb,Zr
AZ-NB-24	754235	3986412	2.96	2.16	2.58	1.82	1.54	0.00	Ce,La
AZN-66	755414	3984508	2.82	2.66	6.22	2.13	6.91	5.34	P,Ce,La,Nb,Zr
AZ-NB-20	754773	3985799	2.80	2.86	3.21	1.86	1.19	0.00	Ce,La
AZN-97	754840	3985839	2.34	2.10	4.10	1.66	5.32	3.97	P,Ce,La,Zr
AZN-53	754572	3983408	2.32	2.13	4.03	1.56	5.22	3.54	P,Ce,La,Zr
AZN-67	754839	3983882	2.25	2.34	4.10	1.74	5.31	3.57	P,Ce,La,Zr
AZN-47	745890	3991244	2.22	2.57	0.24	1.42	0.95	0.11	Ce,La
AZN-61	755408	3982556	2.12	2.29	4.78	1.79	5.60	3.88	P,Ce,La,Zr
AZ-NB-8	755768	3986056	2.07	1.89	1.75	1.53	0.66	0.00	Ce
AZN-48	753163	3982443	2.05	1.69	2.96	0.90	2.28	0.54	Ce
AZN-95	755282	3985538	1.81	1.90	4.74	1.56	6.36	3.31	P,Zr
AZN-52	754173	3982838	1.78	2.00	2.95	1.34	4.48	2.78	P,La
AZN-73	716663	4017688	1.76	1.77	1.99	1.57	3.97	3.50	P
AZN-49	753791	3981891	1.09	1.37	3.49	1.23	1.68	2.32	P
AZN-62	755653	3982843	0.41	0.46	6.83	0.26	2.32	0.06	Nb
AZ-NB-13	755210	3986423	0.37	0.28	7.56	0.24	0.49	0.00	Nb
AZ-NB-27	754695	3986079	0.33	0.30	7.35	0.22	1.08	0.00	Nb
AZN-60	755360	3982811	0.30	0.46	5.11	0.23	1.86	0.04	Nb
AZN-83	754187	3984247	0.08	0.26	10.93	0.12	2.19	0.03	Nb
AZ-NB-25	754866	3986383	0.05	0.06	7.75	0.04	0.35	0.00	Nb
AZN-43	747216	3988830	0.05	0.24	6.30	0.03	0.71	0.42	Nb

معرفی نمونه های آنومال بر اساس داده های خام

در بررسی های انجام شده، نمونه های آنومال بر اساس داده های خام آنومالی ها طبق جدول ۴-۸ جدا شده است.

جدول ۳-۸ - جدایش آنومالی ها بر اساس داده های خام

Field no	X	Y	Ce	La	Nb	P	Ti	Zr	Anomaly
AZN-63	757203	3982288	543.0	228.4	26.0	10000.0	3961	144.2	Ce,P,La,Nd
AZ-NB-18	754916	3985069	233	142	63.9	6156	13657	230	Ce,P,Ti,Nd
AZ-NB-19	754714	3985596	204	129	67.3			269	Ce,P,Ti,Nd
AZN-54	754472	3983437	188.2	99.0	96.1	5345.8	13058	878.6	Ce,P,Ti,Zr
AZN-66	755414	3984508	169.4	90.5	105.7	5290.9	14256	898.9	Ce,P,Ti,Zr
AZ-NB-20	754773	3985799	168	97.4	54.6	3668	8745	155	Ce,P,Ti
AZN-97	754840	3985839	140.3	71.5	69.6	3933.4	11920	691.4	Ce,P,Ti,Zr
AZN-53	754572	3983408	139.1	72.5	68.5	3503.6	11261	678.0	Ce,P,Ti,Zr
AZN-67	754839	3983882	135.2	79.5	69.7	3534.2	9584	689.9	Ce,P,Ti,Zr
AZN-61	755408	3982556	127.4	78.0	81.3	3844.2	10183	727.6	Ce,P,Ti,Zr
AZN-95	755282	3985538	108.6	64.6	80.5	3274.3	11860	826.3	Ce,P,Ti,Zr
AZN-41	747686	3989451	108.6	63.0	63.7	211.5	1177	390.4	Ce,Ti,Zr
AZN-52	754173	3982838	106.9	68.1	50.2	2752.5	10842	582.1	Ce,P,Ti,Zr
AZN-73	716663	4017688	105.4	60.3	33.9	3468.3	11980	516.3	Ce,P,Ti,Zr
AZ-NB-6	755533	3985320	105	61.3	67.8	3668	13118	277	Ce,P,Ti
AZN-94	755290	3985444	77.0	37.4	32.6	331.5	4789	419.2	Ti,Zr
AZN-49	753791	3981891	65.3	46.6	59.4	2294.0	20366	218.6	P,Ti
AZN-92	755859	3985164	62.9	45.9	30.5	1400.8	4571	394.3	P,Ti
AZN-62	755653	3982843	24.7	15.7	116.2	63.0	175.4	301.9	Nb
AZ-NB-13	755210.45	3986423.38	22.2	9.63	129			63.7	Nb
AZ-NB-27	754695	3986078.93	19.9	10.3	125			140	Nb
AZN-83	754187	3984247	4.6	9.0	185.8	30.0	96.1	284.4	Nb
AZ-NB-25	754865.77	3986383.38	3.24	1.94	132			46.1	Nb
AZN-43	747216	3988830	2.8	8.2	107.1	414.6	104.6	92.0	Nb

۳-۳-۱ - مطالعه همبستگی ها

در مطالعات دو متغییره همبستگی عناصر مورد بررسی قرار می گیرند که نتایج نشان می دهد

جدول ۳-۹ - جدول همبستگی عناصر

	Be	Ce	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Hf	Ho	La	Lu	Mo	Nb	Nd
Be	1													
Ce	-0.204	1												
Dy	-.373**	.702**	1											
Er	-0.194	.393**	.645**	1										
Eu	-0.196	.928**	.760**	.432**	1									
Ga	.497**	0.09	-0.125	.238*	0.069	1								
Gd	-.288**	.718**	.810**	.539**	.737**	0.073	1							
Hf	0.113	0.171	.246*	.243*	0.187	.280**	0.141	1						
Ho	-.216*	.833**	.757**	.638**	.848**	0.055	.531**	0.201	1					
La	-.283**	.950**	.808**	.384**	.894**	-0.059	.776**	.220*	.770**	1				
Lu	-0.167	.392**	.614**	.724**	.436**	.309**	.642**	0.098	.458**	.384**	1			
Mo	-0.107	-0.04	0.208	0.032	0.044	-.296**	0.03	0.153	0.042	0.069	0.049	1		
Nb	.374**	0.13	-0.15	-0.009	0.058	.480**	0.104	.383**	-0.051	0.059	0.032	-0.193	1	
Nd	-.213*	.979**	.757**	.411**	.970**	0.046	.724**	0.207	.872**	.945**	.403**	0.029	0.07	1

ادامه جدول همبستگی عناصر

	Be	Ce	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Hf	Ho	La	Lu	Mo	Nb	Nd
P	-0.059	.923**	.639**	.300*	.938**	.261*	.655**	.271*	.818**	.880**	.379**	-0.102	0.197	.945**
Pr	-.282**	.916**	.845**	.518**	.888**	0.033	.872**	.240*	.762**	.952**	.543**	0.068	0.121	.921**
Rb	.582**	-.257*	-.621**	-.339**	-.323**	.556**	-.429**	0.164	-.352**	-.379**	-.355**	-.232*	.545**	-.314**
Sc	-0.199	.465**	.640**	.795**	.504**	.321**	.780**	0.185	.444**	.476**	.804**	-0.084	0.101	.465**
Sm	-.267*	.898**	.882**	.561**	.936**	0.003	.794**	.264*	.863**	.913**	.550**	.218*	-0.023	.944**
Ta	.640**	-0.151	-.274*	-0.103	-0.123	.595**	-.213*	.272*	-0.192	-.213*	-0.116	-0.055	.357**	-0.149
Tb	-.358**	.454**	.524**	.429**	.424**	-.226*	.344**	.215*	.586**	.506**	0.153	.224*	-0.102	.464**
Th	-.324**	.439**	.774**	.425**	.515**	-0.14	.671**	.397**	.400**	.586**	.395**	.214*	-0.023	.494**
Tl	0.056	.212*	.358**	0.191	.274*	0.054	.281**	.315**	0.168	.278**	0.052	.255*	0.118	.254*
Tm	-0.134	0.022	.425**	.749**	0.055	-0.074	0.093	.217*	.403**	0.101	.361**	.232*	-.238*	0.061
U	-0.007	.258*	.567**	.423**	.357**	0.039	.462**	.236*	.334**	.321**	.564**	.321**	-0.065	.319**
Y	-0.157	.301**	.539**	.937**	.318**	0.168	.292**	.252*	.633**	.294**	.571**	0.126	-0.089	.322**
Yb	-0.197	.257*	.629**	.883**	.303**	0.036	.301**	.301**	.605**	.313**	.516**	0.181	-0.166	.301**
Zr	-0.192	.460**	.479**	.409**	.436**	0.129	.634**	.368**	.305**	.478**	.339**	-0.108	.443**	.421**

ادامه جدول همبستگی عناصر

	P	Pr	Rb	Sc	Sm	Ta	Tb	Th	Tl	Tm	U	Y	Yb	Zr
Be	-0.059	-.282**	.582**	-0.199	-.267*	.640**	-.358**	-.324**	0.056	-0.134	-0.007	-0.157	-0.197	-0.192
Ce	.923**	.916**	-.257*	.465**	.898**	-0.151	.454**	.439**	.212*	0.022	.258*	.301**	.257*	.460**
Dy	.639**	.845**	-.621**	.640**	.882**	-.274*	.524**	.774**	.358**	.425**	.567**	.539**	.629**	.479**
Er	.300*	.518**	-.339**	.795**	.561**	-0.103	.429**	.425**	0.191	.749**	.423**	.937**	.883**	.409**
Eu	.938**	.888**	-.323**	.504**	.936**	-0.123	.424**	.515**	.274*	0.055	.357**	.318**	.303**	.436**
Ga	.261*	0.033	.556**	.321**	0.003	.595**	-.226*	-0.14	0.054	-0.074	0.039	0.168	0.036	0.129
Gd	.655**	.872**	-.429**	.780**	.794**	-.213*	.344**	.671**	.281**	0.093	.462**	.292**	.301**	.634**
Hf	.271*	.240*	0.164	0.185	.264*	.272*	.215*	.397**	.315**	.217*	.236*	.252*	.301**	.368**
Ho	.818**	.762**	-.352**	.444**	.863**	-0.192	.586**	.400**	0.168	.403**	.334**	.633**	.605**	.305**
La	.880**	.952**	-.379**	.476**	.913**	-.213*	.506**	.586**	.278**	0.101	.321**	.294**	.313**	.478**
Lu	.379**	.543**	-.355**	.804**	.550**	-0.116	0.153	.395**	0.052	.361**	.564**	.571**	.516**	.339**
Mo	-0.102	0.068	-.232*	-0.084	.218*	-0.055	.224*	.214*	.255*	.232*	.321**	0.126	0.181	-0.108
Nb	0.197	0.121	.545**	0.101	-0.023	.357**	-0.102	-0.023	0.118	-.238*	-0.065	-0.089	-0.166	.443**
Nd	.945**	.921**	-.314**	.465**	.944**	-0.149	.464**	.494**	.254*	0.061	.319**	.322**	.301**	.421**
P	1	.880**	-0.221	.344**	.856**	0.164	.303*	.468**	.308*	-0.128	.411**	0.168	0.136	.487**
Pr	.880**	1	-.378**	.640**	.933**	-.215*	.493**	.640**	.300**	0.155	.405**	.374**	.373**	.591**

ادامه جدول همبستگی عناصر

	P	Pr	Rb	Sc	Sm	Ta	Tb	Th	Tl	Tm	U	Y	Yb	Zr
Rb	-0.221	-.378**	1											
Sc	.344**	.640**	-.304**	1										
Sm	.856**	.933**	-.439**	.587**	1									
Ta	0.164	-.215*	.606**	-0.081	-0.177	1								
Tb	.303*	.493**	-.307**	.250*	.514**	-.450**	1							
Th	.468**	.640**	-.465**	.474**	.639**	-0.206	.285**	1						
Tl	.308*	.300**	-0.062	0.143	.327**	.298**	0.08	.490**	1					
Tm	-0.128	0.155	-.320**	.382**	.246*	-0.117	.474**	.272*	0.087	1				
U	.411**	.405**	-.285**	.389**	.498**	0.048	0.073	.606**	.317**	.254*	1			
Y	0.168	.374**	-.285**	.608**	.467**	-0.062	.459**	.287**	0.131	.871**	.328**	1		
Yb	0.136	.373**	-.373**	.554**	.470**	-0.087	.448**	.434**	0.203	.913**	.395**	.954**	1	
Zr	.487**	.591**	-0.134	.525**	.432**	-0.156	.278**	.551**	.319**	-0.014	.238*	0.186	0.176	1

با توجه به بررسی های اولیه در زیر به شرح آنومالی های چهارگانه می پردازیم.

۳-۴ - آنومالی سنگ بست (آنومالی شماره ۴)

آنومالی سنگ بست مهمترین آنومالی است که از این آنومالی در دو مرحله نمونه برداری صورت گرفته است که مرحله اول آذرماه ۱۳۹۷ تعداد ۲۸ نمونه برداشت شد و تیر ماه ۱۳۹۹ مرحله دوم برداشت نمونه ها انجام گرفت که در این مرحله تعداد ۴۶ نمونه سنگی برداشت شد. و در مجموع تعداد ۷۴ نمونه از آنومالی سنگ بست برداشت و به آزمایشگاه ارسال گردید. مشخصات صحرایی نمونه ها در جدول ۴-۱۰ ارائه گردیده است.

جدول ۳-۱۰ - شرح و مختصات نمونه های برداشت شده

Field no	X	Y	description
AZ-NB-1	755912.5	3987204	رگه و رگچه های سیلیسی اکسید آهنی داخل فیلیت ها
AZ-NB-2	755897.9	3986781	سنگ های دگرگونی حاوی تورمالین
AZ-NB-3	754869.1	3987415	سیتترین حاوی اکسید آهن
AZ-NB-4	755379.6	3986947	دایک پگماتیته داخلی سنگ های دگرگونی
AZ-NB-5	755703	3985456	فلیت سیلیسی اکسید آهنی
AZ-NB-6	755532.8	3985320	دایک بازی؟ هورنفلسی
AZ-NB-7	755696.6	3984993	رگچه های پگماتیته داخلی فیلیت ها
AZ-NB-8	755767.7	3986056	شیست های اکسید آهنی گارنت دار
AZ-NB-9	755643.6	3986113	قطعات نایب سیلیسی اکسید آهنی
AZ-NB-10	755008.1	3985716	رگچه های پگماتیته داخلی فیلیت ها
AZ-NB-11	755012.6	3985691	سیلیس های داخلی فیلیت
AZ-NB-12	755408.2	3985522	دایک پگماتیته
AZ-NB-13	755210.5	3986423	رگچه های پگماتیته داخلی فیلیت ها
AZ-NB-14	754449.6	3985532	کنتاکت گرانیت و دگرگونی ها (نمونه از پگماتیت های تورمالین و مسکویت دار)
AZ-NB-15	754468.8	3985544	رگه پگماتیت داخلی فیلیت ها
AZ-NB-16	754384.2	3985777	از بخش های گارنت دار داخلی فیلیت

Field no	X	Y	description
AZ-NB-17	754507.6	3985383	دایک پگماتیتی
AZ-NB-18	754916.3	3985069	دایک بازی ضخامت یک متر
AZ-NB-19	754713.8	3985596	دایک بازی ضخامت یک متر طول زیاد
AZ-NB-20	754772.7	3985799	دایک بازی ضخامت یک متر طول زیاد
AZ-NB-21	754246.8	3986177	دایک گرانیتی داخل دگرگونی با روند N15W
AZ-NB-22	754259.8	3986259	سیلیس های گارنت دار
AZ-NB-23	754202.1	3986342	سیلیس های شیری
AZ-NB-24	754235.4	3986412	شیست
AZ-NB-25	754865.8	3986383	دایک پگماتیتی
AZ-NB-26	754864.1	3986188	سیلیسی*شیستی
AZ-NB-27	754695	3986079	دایک گرانیتی روند N30W
AZ-NB-28	754533.5	3986801	دایک گرانیتی
AZN-40	756309	4030695	حالت تراورتن زایی زون گسله(هماتیتی-لیمونیتی)
AZN-48	753163	3982443	گرانیت صورتی حاشیه دایک بازی
AZN-49	753791	3981891	شیست های حاشیه توده نفوذی
AZN-50	754300	3981644	گرانیت حاوی رگچه های سیلیسی و اثرات اکسید آهنی
AZN-51	754089	3982197	سیلیس و اکسید آهنی
AZN-52	754173	3982838	دایک بازی
AZN-53	754572	3983408	دایک بازی
AZN-54	754472	3983437	دایک بازی
AZN-55	756048	3982770	کربناتی-اکسید آهنی-سیلیسی
AZN-56	756011	3982731	کربناتی-اکسید آهنی-سیلیسی
AZN-57	756129	3982545	گرانیت های هوازده؟اکسید آهنی
AZN-58	756003	3982537	گرانیت های هوازده؟اکسید آهنی
AZN-59	755983	3982653	گرانیت حاوی رگچه های کربناتی برشی
AZN-60	755360	3982811	اکسید آهنی-سیلیسی

Field no	X	Y	description
AZN-61	755408	3982556	دایک بازیگ
AZN-62	755653	3982843	گرانیت سیلیسی-اکسید آهنی
AZN-63	757203	3982288	بیرون زدگی به شدت اکسید آهنی و سیلیسی
AZN-64	755445	3981514	گرانیت آلتزه
AZN-65	755873	3984375	فیلیت و شیبست حاوی کانی های شعاعی
AZN-66	755414	3984508	دایک بازی
AZN-67	754839	3983882	دایک بازی
AZN-68	754713	3983847	گرانیت حاوی رگچه های سیلیسی-اکسید آهنی
AZN-69	754323	3984187	حاشیه توده حالت پگماتیتی
AZN-76	754163	3984303	اکسید آهنی شدید-کربناتی
AZN-77	754085	3984264	گرانیت همراه رگچه های سیلیسی و کربناتی
AZN-78	754098	3984264	فیلیت و شیبست
AZN-79	754119	3984250	کربناتی-اکسید آهنی
AZN-80	754128	3984255	رگچه های کلسیتی داخل گرانیت
AZN-81	754147	3984242	آهکی اکسید آهنی
AZN-82	754156	3984240	گرانیت های اکسید آهنی
AZN-83	754187	3984247	دایک گرانیتی
AZN-84	754191	3984241	کربناتی-اکسید آهنی
AZN-85	754219	3984238	دایک گرانیتی
AZN-86	754288	3984552	کربناتی-سیلیسی-اکسید آهنی
AZN-91	755391	3985434	سیلیس های گارنت دار به صورت انتخابی
AZN-92	755859	3985164	سیلیسی کربناتی حاشیه دایک بازی
AZN-93	755891	3985191	سیلیسی کربناتی حاشیه دایک بازی
AZN-94	755290	3985444	رسوبات گارنت دار نابرجا از داخل آبراهه
AZN-95	755282	3985538	دایک بازی
AZN-96	754516	3985007	پگماتیتی
AZN-97	754840	3985839	از بخش اکسید آهنی دایک بازی

۳-۴-۱- مشاهدات صحرایی آنومالی سنگ بست

در این آنومالی که در سنگهای دگرگونی و توده نفوذی قرار دارد مرکز آنومالی تقریباً در کنتاکت توده و سنگ های رسوبی دگرگون شده با روند کلی روند دگرگونی N 60 W است، قرار دارد. مهمترین ویژگی از لحاظ اقتصادی در مناطق دگرگونی وجود گارنت های زیاد می باشد که هم از لحاظ جواهری و هم کاربردهای

صنعتی باید بررسی شود. ویژگی دیگر آن وجود سیلیس های دگرگونی به صورت رگه ای است (شکل ۳-۳) که مورد نمونه برداری قرار گرفتند.



شکل ۳-۳- دور نمایی از مورفولوژی گرانیت سنگ بست (دید به شمال)



شکل ۳-۴- تصویر رگه سیلیسی در داخل دگرگونی ها (دید به شمال)

سومین ویژگی وجود دایک های کم ضخامت پگماتیسی در درون واحد دگرگونی و توده نفوذی است که مورد نمونه برداری قرار گرفت (اشکال ۳-۴ و ۳-۵). لازم به ذکر است از این دایک ها با توجه به اینکه از لحاظ تعداد در آنومالی سنگ بست زیاد بودند با دقت بالایی نمونه برداری گردید. از لحاظ سنی این روندهای خطی نیاز به بررسی بیشتر دارد ولی کلیاتی که تا الان بر اساس مشاهدات صحرایی می توان گفت دایک های بازی قدیمی تر از دایک های پگماتیسی است. یکی از مشاهدات جالب صحرایی منطقه وجود سنگ گرانیت برش خورده طبیعی است که به نظر می رسد قدیمی ترین معدن سنگ باشد که نیاز به مطالعات تاریخی دارد.

(شکل ۳-۷)

علاوه بر آنالیز شیمی سه نمونه XRD و یک مقطع نازک برداشت شد که به نتایج آن اشاره می کنیم. همانطور که نتایج نشان می دهد کانی های اصلی در دایک بازی پیروکسن، میکا، کلریت، آنالسیم و آنالسیت است.

(تصویر ۳-۶)



شکل ۳-۵- دایک پگماتیسی داخل دگرگونی (دید به شمال)



شکل ۳-۶- دایک های بازی داخل دگرگونی ها و توده گرانیتی (دید به شمال)

دما : 25°C	رطوبت : 30%
نمونه گیری توسط مشتری انجام گرفته است.	
استاندارد مرجع آزمون : BS EN 13925-1: 2003	
نوع لامپ : Cu	ولتاژ : 40 kV
Counting time: 1 Sec	Step Size : 0.02°
جریان : 40 mA	2 θ : 4-70°

LAB . NO	FIELD .NO	XRD RESULTS
506	AZN54	PYROXENE + ANALCIME + MICA.
507	AZN65	MICA + QUARTZ + CALCITE + KAOLINITE + PYROXENE.
508	AZN94	QUARTZ + GARNET + PYROXENE + MICA + CHLORITE.
509	AZN95	PYROXENE + QUARZT + ANALCITE + CHLORITE.

ANALCITE = NaAl (SiO₃)₂ . H₂O
ANALCIME = Na (Si₂Al) O₆ . H₂O

سرپرست آزمایشگاه : حاجی نوروزی

تجزیه کننده : مهدی حاجی نوروزی - مهدی امیری

شکل ۳-۷- نتایج آنالیز XRD



شکل ۳-۸- نمای نزدیک از گرانیت های بلوک شده طبیعی

۳-۴-۲- نتایج آنالیز نمونه های محدوده سنگ بست

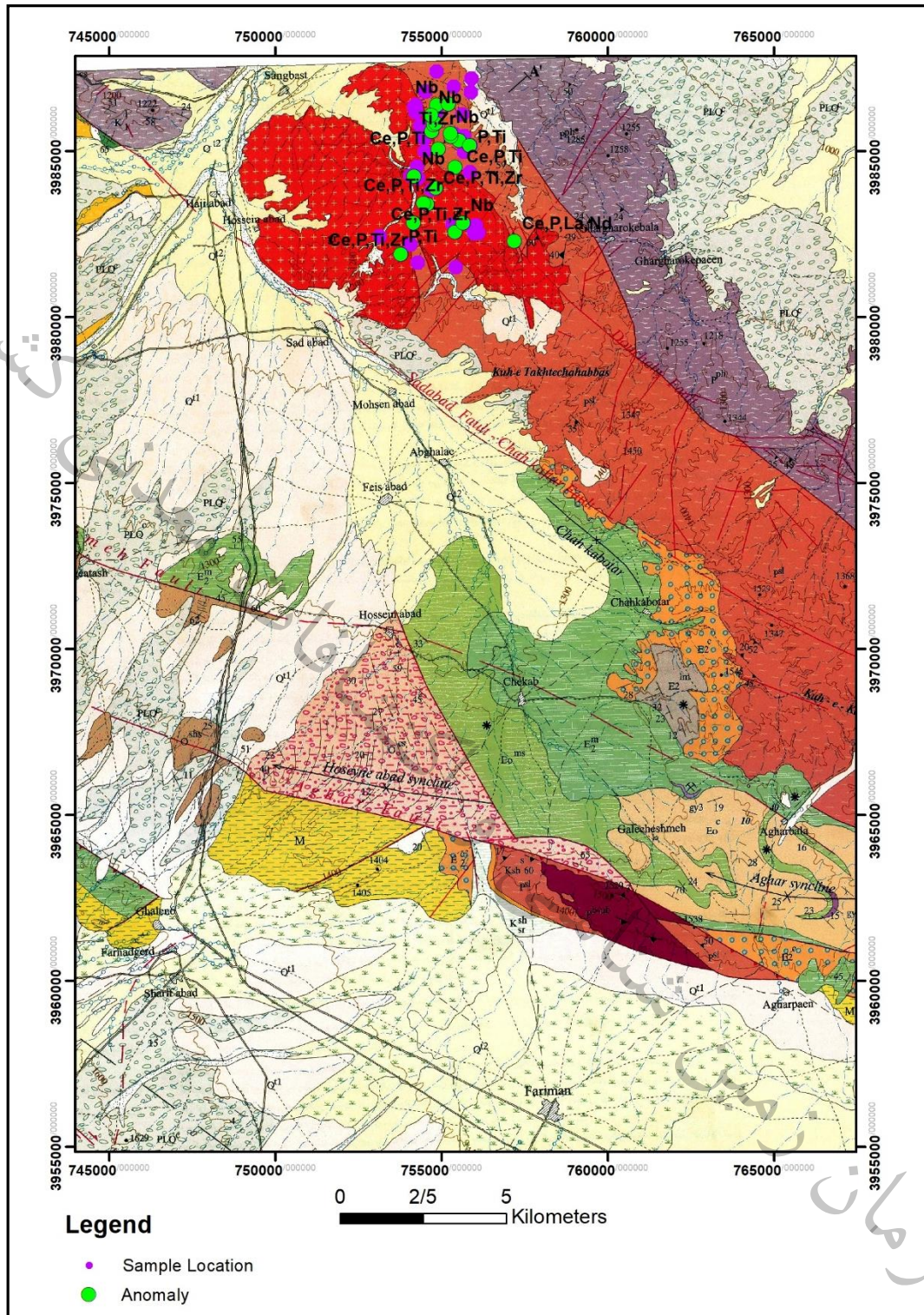
این محدوده برای اکتشاف عناصر نادر خاکی به خصوص گروه لانتانیدها مناسب است. جدول ۳-۱۰ نمونه های آنومال منطقه سنگ بست و شکل ۳-۸ پراکندگی آنومالی ها را نشان می دهد. همانطور که در جدول ۳-۱۰ مشاهده می شود تعدادی از نمونه ها برای تعدادی از عناصر نادر و استراتژیک غنی شدگی نشان می دهند.

با توجه به شرح نمونه ها آنومالی نیوبیوم مرتبط با دایک های گرانیتی و پگماتیستی است و آنومالی عناصر نادر شامل لانتانیم و سرییم مرتبط با دایک های بازی و بیرون زدگی کوچک کربناتی سیلیسی است.

از لحاظ پراکندگی دایک های بازی با ضخامت ها حدود یک تا دو متر و طول های بیش از یک کیلومتر و به تعداد حداقل سه دایک در منطقه وجود دارد که البته لازم است نقشه زمین شناسی معدنی با تاکید بر جدایش دایک ها انجام گیرد. دایک ها پگماتیستی نیز با ضخامت های چند سانتی متر تا چند متر نیز با پراکندگی نسبتا مناسب در این آنومالی وجود دارد.

جدول ۳-۱۱- نمونه های آنومال سنگ بست (بر حسب گرم بر تن)

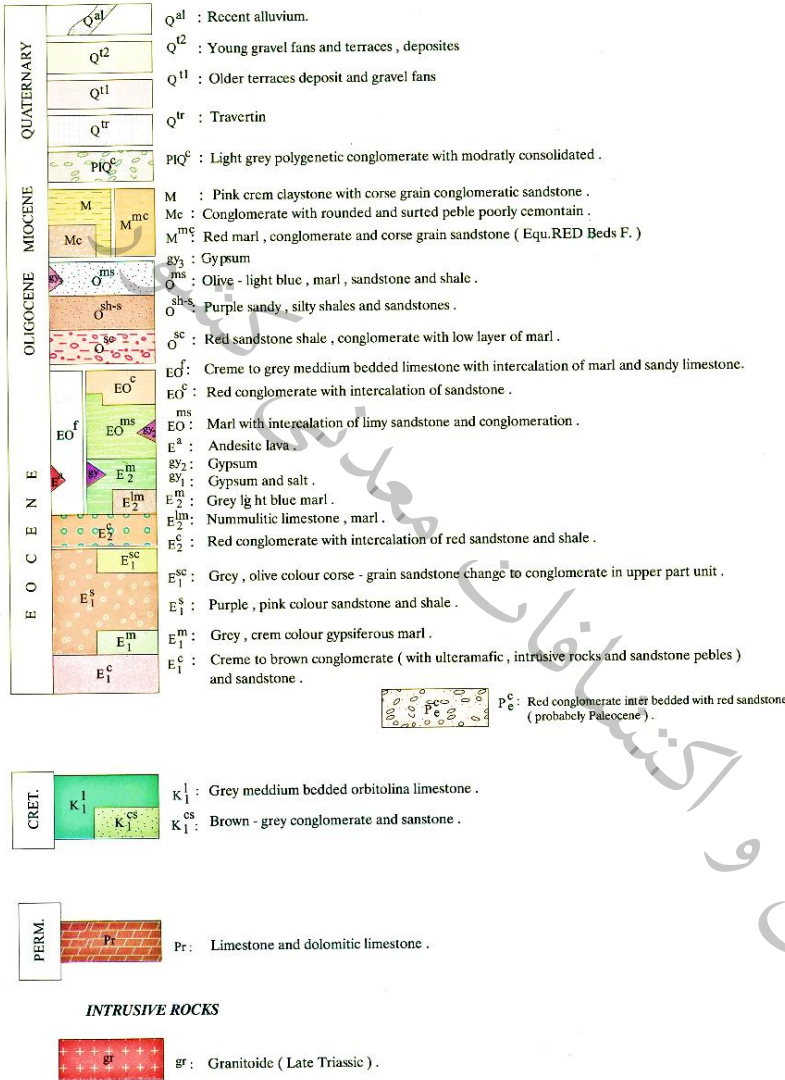
ردیف	anomaly	Field no	X	Y	Ce	La	Nb	P	Ti	Zr	Nd
1	Ce,P,La,Nd	AZN-63	757203	3982288	543.0	228.4	26.0	10000	3961	144.2	247
2	Ce,P,Ti,Nd	AZ-NB-18	754916	3985069	233	142	63.9	6156	13657	230	87
3	Ce,P,Ti,Nd	AZ-NB-19	754714	3985596	204	129	67.3			269	76
4	Ce,P,Ti,Zr	AZN-54	754472	3983437	188.2	99.0	96.1	5345.8	13058	878.6	66
5	Ce,P,Ti	AZ-NB-24	754235	3986412	177	73.5	43.8	961	8386	200	60
6	Ce,P,Ti,Zr	AZN-66	755414	3984508	169.4	90.5	105.7	5290.9	14256	898.9	70
7	Ce,P,Ti	AZ-NB-20	754773	3985799	168	97.4	54.6	3668	8745	155	61
8	Ce,P,Ti,Zr	AZN-97	754840	3985839	140.3	71.5	69.6	3933.4	11920	691.4	54
9	Ce,P,Ti,Zr	AZN-53	754572	3983408	139.1	72.5	68.5	3503.6	11261	678.0	51
10	Ce,P,Ti,Zr	AZN-67	754839	3983882	135.2	79.5	69.7	3534.2	9584	689.9	57
11	Ce,P,Ti,Zr	AZN-61	755408	3982556	127.4	78.0	81.3	3844.2	10183	727.6	59
12	Ce,P,Ti	AZ-NB-8	755768	3986056	124	64.1	29.7	1266	5331	85.8	50
13	Ce	AZN-48	753163	3982443	122.9	57.4	50.3	538.7	1810	295.9	29
14	Ce,P,Ti,Zr	AZN-95	755282	3985538	108.6	64.6	80.5	3274.3	11860	826.3	51
15	Ce,P,Ti,Zr	AZN-52	754173	3982838	106.9	68.1	50.2	2752.5	10842	582.1	44
16	Ce,P,Ti	AZ-NB-6	755533	3985320	105	61.3	67.8	3668	13118	277	46
17	Ti	AZN-78	754098	3984264	87.8	43.0	27.3	297.9	5002	251.8	35
18	Ti,Zr	AZN-94	755290	3985444	77.0	37.4	32.6	331.5	4789	419.2	33
19	P,Ti	AZN-49	753791	3981891	65.3	46.6	59.4	2294.0	20366	218.6	40
20	P,Ti	AZN-92	755859	3985164	62.9	45.9	30.5	1400.8	4571	394.3	29
21	Ti	AZN-82	754156	3984240	46.3	42.5	25.9	658.8	6386	201.3	27
22	Ti	AZN-65	755873	3984375	42.5	38.2	16.2	676.0	4200	213.7	22
23	Nb	AZN-62	755653	3982843	24.7	15.7	116.2	63.0	175.4	301.9	8.6
24	Nb	AZN-83	754187	3984247	4.6	9.0	185.8	<30	96.1	284.4	4



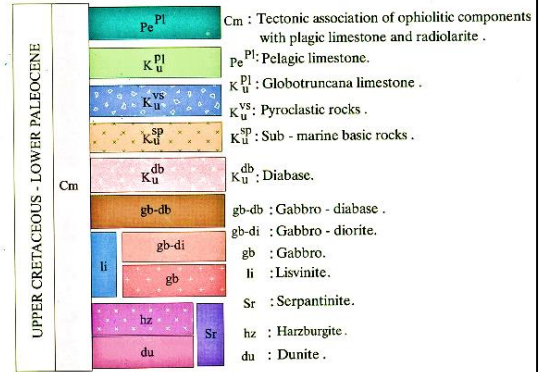
شکل ۳-۱۰- موقعیت نمونه های سنگی و آنومال در محدوده سنگ بست بر روی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان

L E G E N D

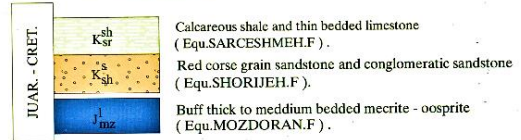
CENTRAL IRAN ZONE



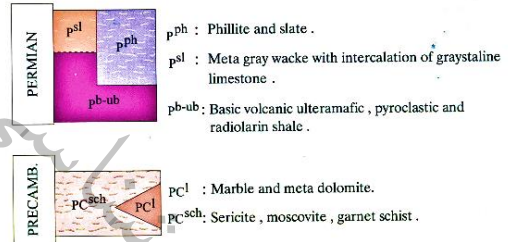
OPHOLITIC MELANGE



KOPEH DAGH ZONE



METAMORPHIC ROCKS



شکل ۳-۱۱ - راهنمای نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ فریمان

۳-۵- محدوده خواجه مراد ورقه مشهد (آنومالی شماره دو)

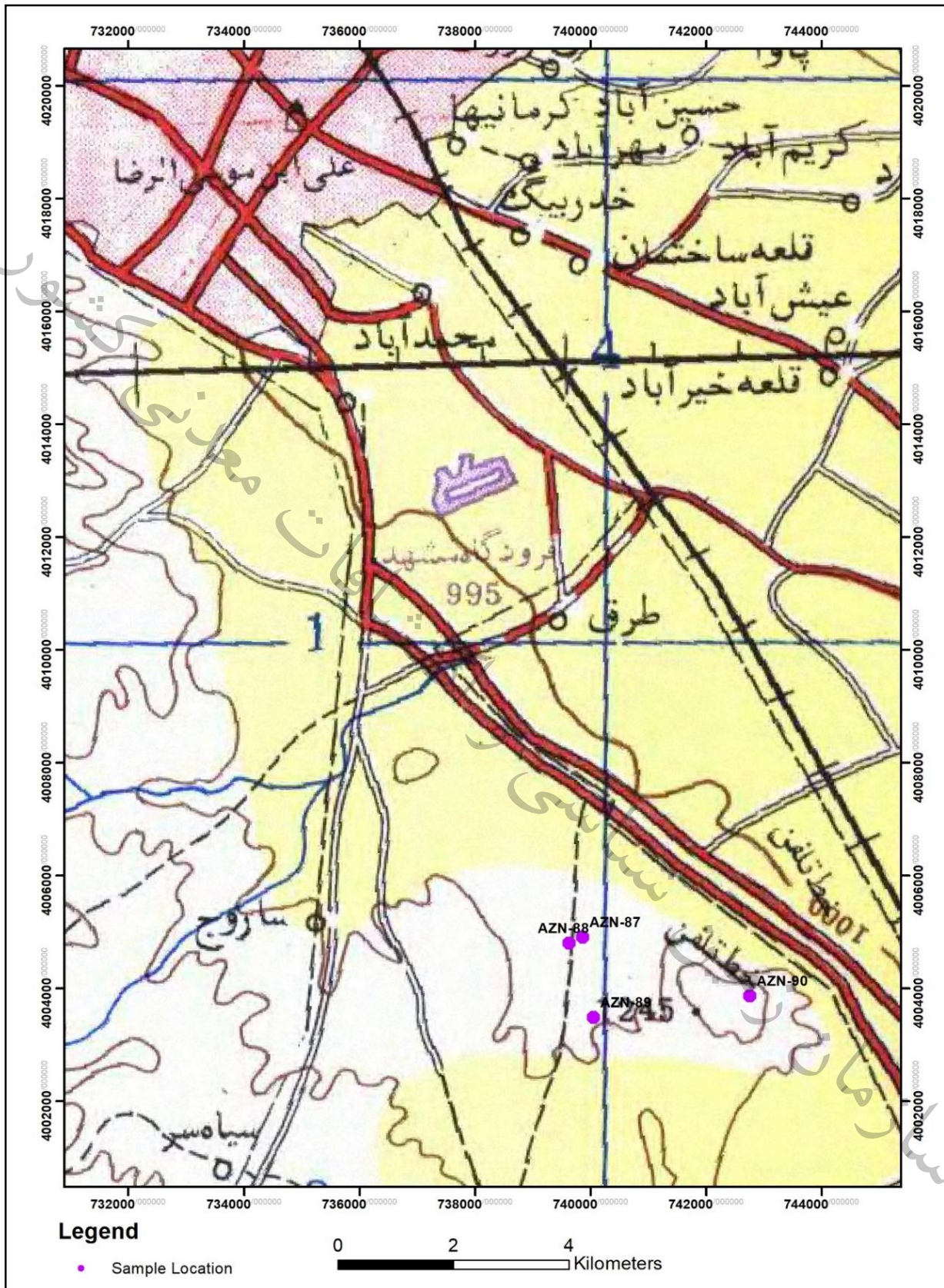
در منطقه خواجه مراد عموماً فلدسپات پتاسیک و پگماتیت‌ها بیرون زدگی دارند (شکل ۴-۱۱) که آنومالی خاصی نسبت به عناصر استراتژیک نشان نمی‌دهند. در نقشه ۴-۱۲ پراکندگی نمونه‌های سنگی در این آنومالی نمایش داده شده است.

جدول ۳-۱۲- چهار نمونه برداشت شده از محدوده خواجه مراد

ردیف	Anomaly	Area	Field no	X	Y	Ce	La	Nb	Nd
1		khajeh morad	AZN-88	739640	4004801	10.5	12.5	23.4	3.8
2		khajeh morad	AZN-87	739873	4004903	2.3	8.1	22.3	2.2
3		khajeh morad	AZN-89	740065	4003486	3.8	8.4	31.9	<1
4		khajeh morad	AZN-90	742773	4003865	<1	6.4	21.1	1.0



شکل ۳-۱۲- بیرون زدگی گرانیت غنی از فلدسپات در داخل گرانیت مشهد



شکل ۳-۱۳- پراکندگی نمونه های برداشت شده در آنومالی خواجه مراد

۳-۶- محدوده کال چغوکی (آنومالی شماره سه)

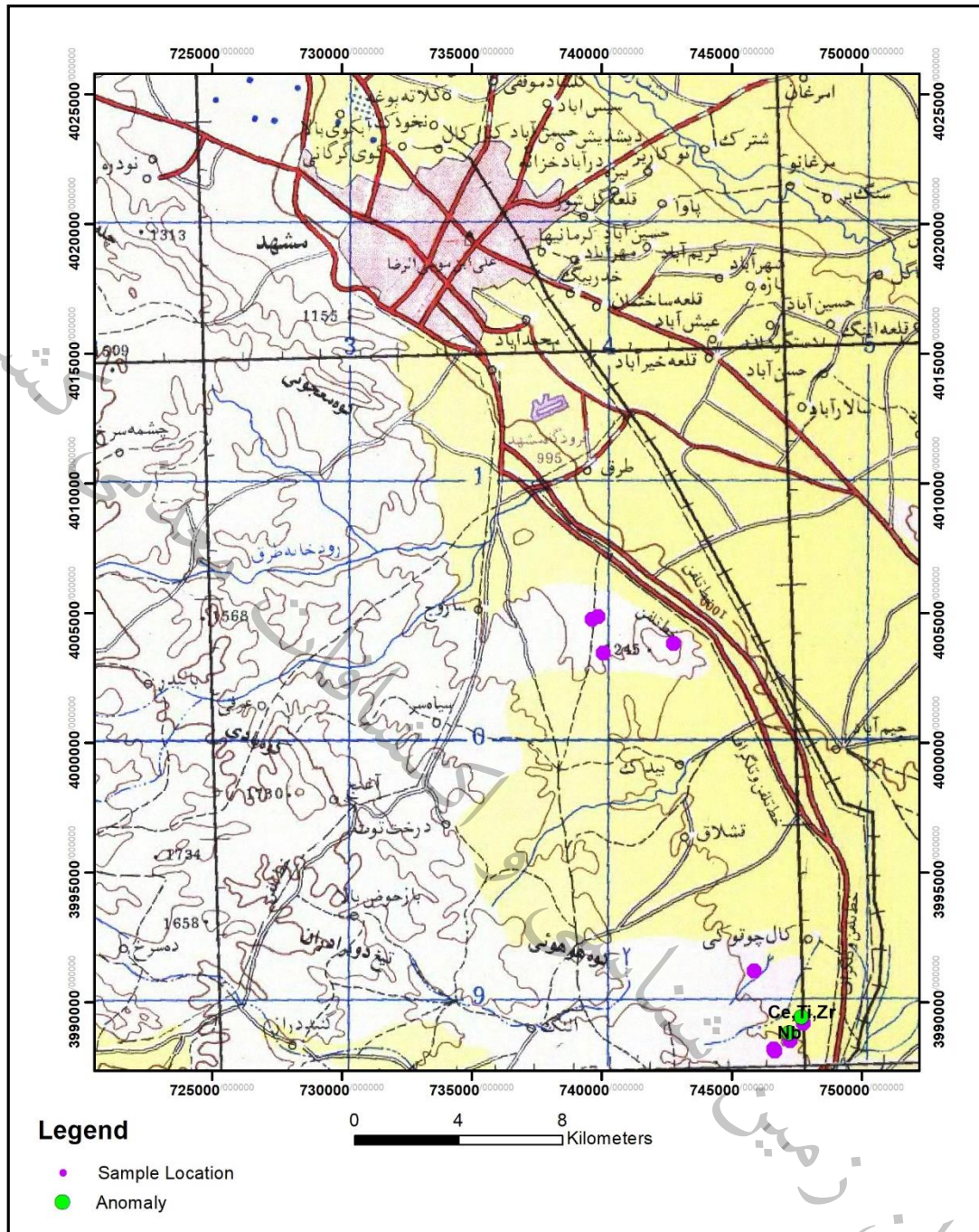
از محدوده کال چغوکی ۷ نمونه برداشت شده است که مهمترین ویژگی مشاهده شده در آنومالی کال چغوکی یک رگه کربناتی است که اثرات کانی های مس در آن دیده می شود نمونه ۴۷ از این رگه گرفته شده است. روند آن تقریباً شمال غرب - جنوب شرق می باشد. (شکل ۴-۱۴)

جدول ۳-۱۳- هفت نمونه برداشت شده از محدوده خواجه مراد

ردیف	Anomaly	Area	Field no	X	Y	Ce	La	Nb	Nd	cu
1	Ce	kal choghoki	AZN-47	745890	3991244	133.4	87.4	4.2	46.8	520.5
2		kal choghoki	AZN-46	746670	3988154	86.9	52.8	35.3	37.0	85.3
3		kal choghoki	AZN-41	747686	3989451	108.6	63.0	63.7	31.9	23.8
4		kal choghoki	AZN-44	747272	3988554	70.0	43.8	21.8	29.7	47.7
5		kal choghoki	AZN-45	746639	3988225	6.4	15.0	33.6	4.1	10.2
6		kal choghoki	AZN-42	747777	3989224	5.9	9.2	15.3	2.5	3.7
7	Nb	kal choghoki	AZN-43	747216	3988830	2.8	8.2	107.1	1.1	3.2



شکل ۳-۱۴- رگه کربناتی داخل توده نفوذی



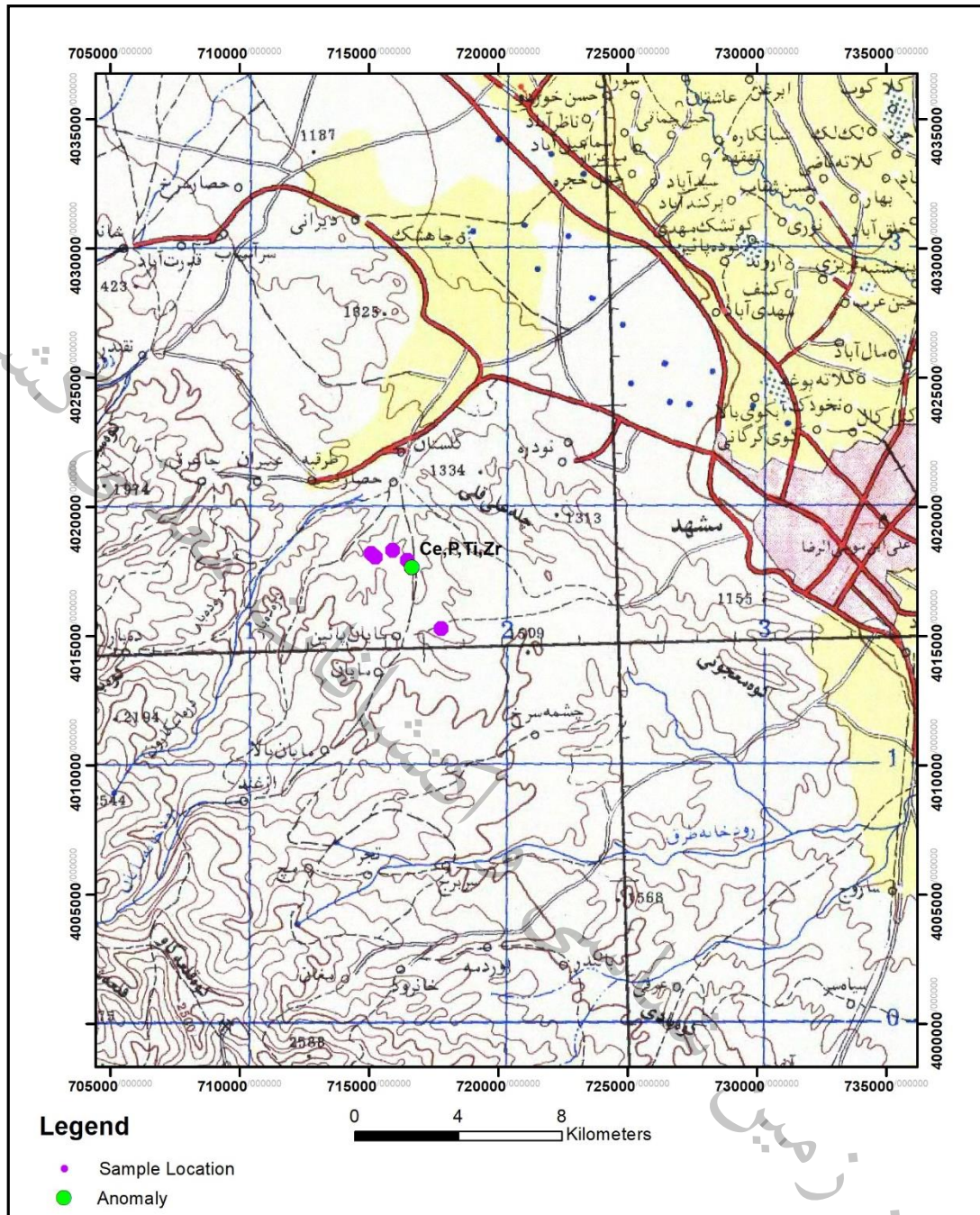
شکل ۳-۱۵- موقعیت نمونه های سنگی و آنومال در محدوده های خواجه مراد و کال چوئوکی بر روی نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰
توپوگرافی مشهد

۳-۷ - آنومالی طرقله (آنومالی شماره یک)

از محدوده آنومالی واقع در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰: طرقله و در ارتفاعات جنوب بند گلستان و روستای حصار تعداد ۶ نمونه اخذگردید در کل این آنومالی برای عناصر نادر خاکی و استراتژیک آنومالی مهمی نمی باشد فقط نمونه ۷۴ نسبت به Ce, P, Ti, Zr کمی غنی شدگی کمی نشان میدهد. (اشکال ۴-۱۵ و ۴-۱۶)

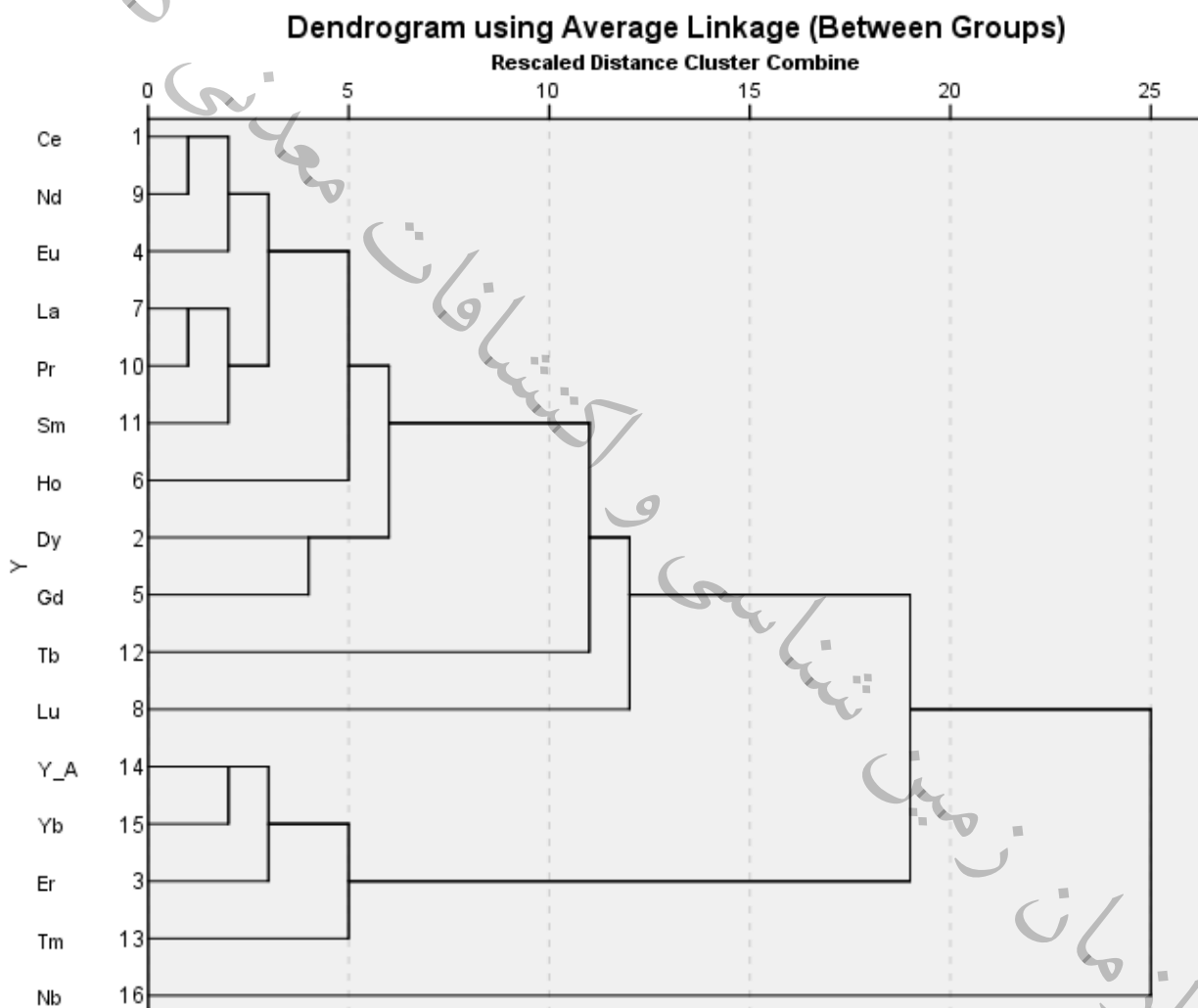


شکل ۳-۱۶- نمایی از زون کربناتی - سیلیسی با روند شمالغرب- جنوب شرق اطراف آبادی مایان



شکل ۳-۱۷- موقعیت نمونه های برداشت شده در ورقه طرقله

۳-۱- پردازش کلی داده ها بر اساس ۱۵ عنصر نادرخاکی و عنصر نیوبیم در آنومالی های چهارگانه همانطور که ذکر شد با توجه به شرح نمونه های چهار آنومالی و جدایش آنومالی مهمترین پتانسیل منطقه برای عناصر نادر خاکی و عنصر نیوبیم است که پردازش های زیر به این منظور انجام گرفته است. ابتدا آنالیز خوشه‌ای این ۱۶ عنصر انجام گرفت و نتیجه پردازش با تفکیک دو گروه اصلی و چندین گروه فرعی در شکل نشان داده شده است.



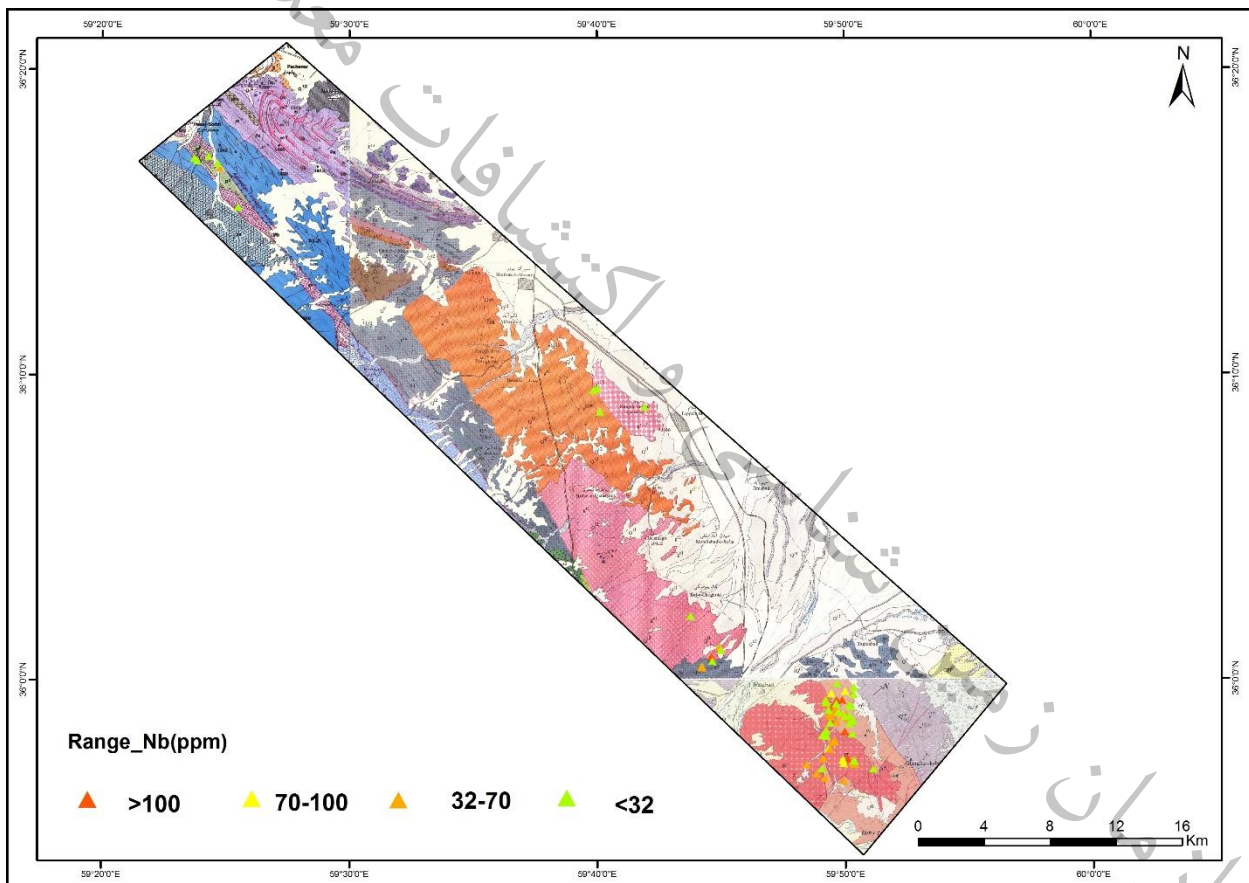
شکل ۳-۱۸- دندروگرام عناصر استراتژیک

همانطور که می بینید عنصر نیوبیم با عناصر گروه نادر خاکی هیچ ارتباط ژنتیکی ندارد و این کانی سازی ها مربوط به دو فاز مختلف هستند.

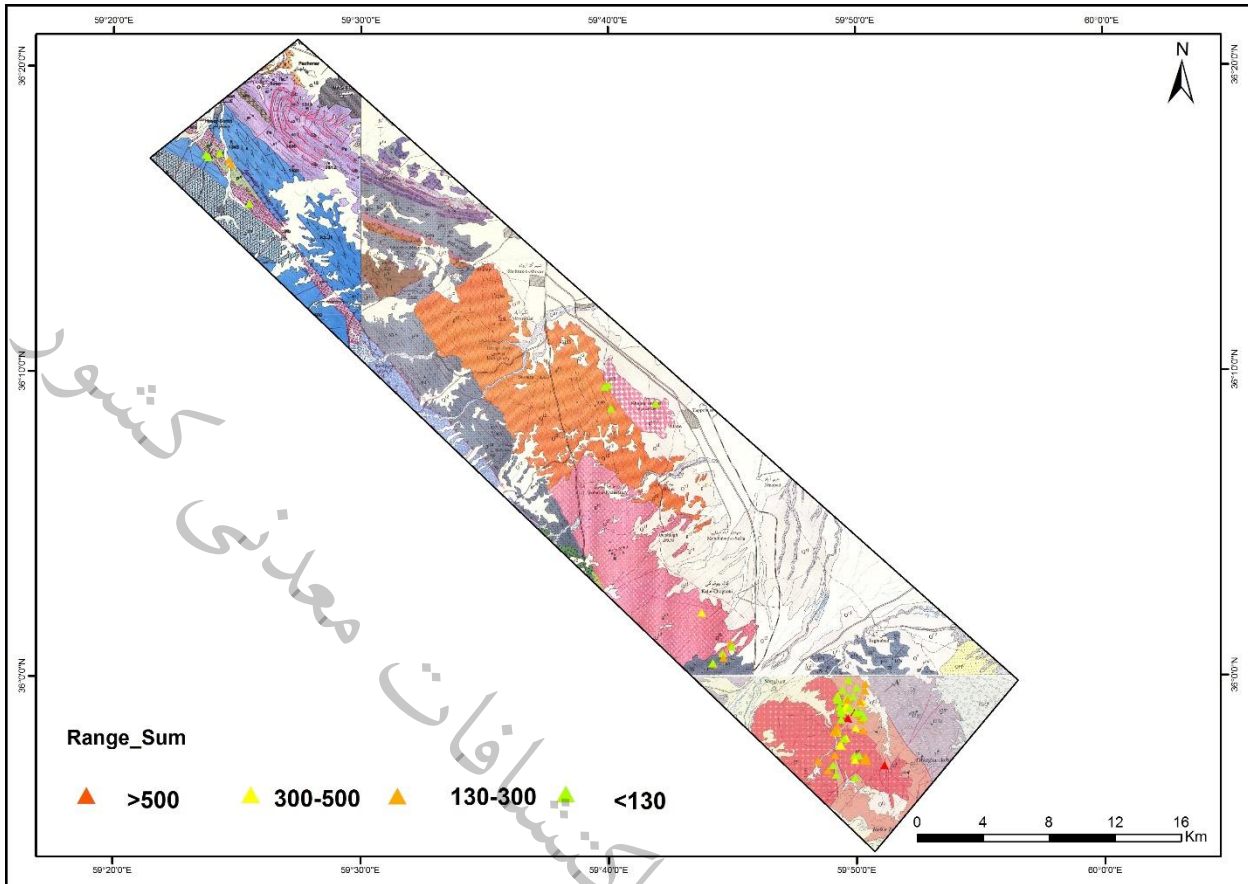
۳-۹- معرفی تارگت های نهایی

۳-۹-۱- رسم نقشه های آنومال

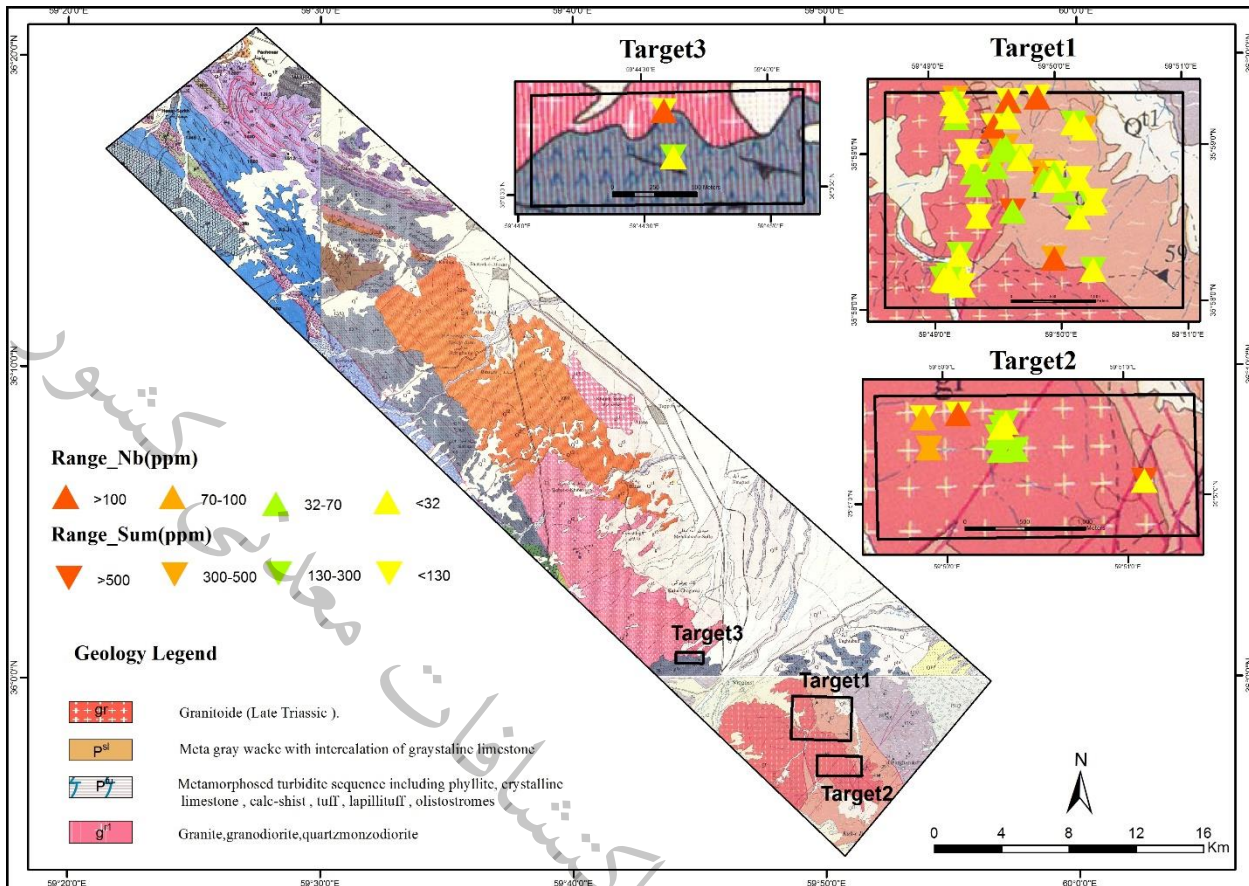
از آنجا که معمولا عیار کانسارهای عناصر نادر خاکی را بر اساس مقدار مجموع عناصر نادر خاکی اعلام می کنند ما در اینجا برای معرفی تارگت های نهایی اقدام به رسم نقشه های Symbol Map مجموع عناصر نادر خاکی و عنصر نیوبوم به صورت جداگانه بر اساس آمار کلاسیک رسم کردیم و نهایت سه تارگت به مساحت کلی ۱۳ کیلومتر مربع برای اکتشاف مرحله عمومی پیشنهاد گردید. تارگت یک و دو در آنومالی سنگ بست و تارگت شماره سه در آنومالی کال چغوکی قرار دارد و در دو آنومالی خواجه مراد و طرفه هیچ گونه تارگتی معرفی نشده است.



شکل ۳-۱۹- نقشه Symbol Map برای عنصر نیوبیم



شکل ۳-۲۰- نقشه Symbol Map برای مجموع عناصر نادر



شکل ۳-۲۱- نقشه معرفی تارگت های نهایی

با توجه به رسم نقشه‌ها از کل نمونه‌های برداشت شده ۱۰ نمونه به عنوان نمونه‌های امید بخش معرفی شده است که ۸ نمونه آن مجموع عنصر نادر بیشتر از ۴۰۰ گرم بر تن است و دو نمونه هم نیویوم بیشتر از ۱۰۰ گرم بر تن است، این نمونه‌ها در سه تارگت فوق قرار دارند. جدول ۴-۱۱ نتایج و مختصات این نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۱۴- نتایج و مختصات نمونه های امید بخش

Field no	X	Y	Ce	Dy	Er	Eu	Gd	Ho	La	Lu	Nd	Pr	Sm	Tb	Tm
AZN-63	757203	3982288	543.0	14.1	5.7	11.9	10.0	6.7	228.4	0.3	247.1	34.5	31.6	2.3	0.6
AZ-NB-18	754916	3985069	233	6.38	2.83	3.61	11.8	1.08	142	0.34	87.4	23.0	12.5	1.32	0.36
AZ-NB-19	754714	3985596	204	6.16	2.81	3.41	10.5	1.03	129	0.42	76.2	19.8	10.8	1.19	0.38
AZN-54	754472	3983437	188.2	8.6	4.4	3.1	11.0	1.7	99.0	0.4	66.0	19.3	10.7	1.0	0.4
AZN-66	755414	3984508	169.4	8.5	5.7	3.1	13.4	1.7	90.5	0.4	70.2	17.3	11.3	0.8	0.4
AZ-NB-20	754773	3985799	168	6.66	3.71	2.73	10.2	1.30	97.4	0.51	61.3	16.0	9.51	1.24	0.58
AZN-47	745890	3991244	133.4	9.2	5.7	2.9	5.6	2.3	87.4	0.1	46.8	8.6	7.8	2.1	2.5
AZN-94	755290	3985444	77.0	10.3	24.2	1.4	6.0	3.5	37.4	0.9	33.4	13.3	11.5	2.2	5.9
AZN-83	754187	3984247	4.6	1.3	0.5	0.10	1.2	0.5	9.0	0.1	4.0	5.3	1.1	1.1	0.3
AZ-NB-25	754866	3986383	3.24	0.35	0.17	0.10	0.32	0.10	1.94	0.10	1.43	0.34	0.43	0.10	0.10

Field no	X	Y	Y	Yb	Nb	sum(ppm)	توصیف
AZN-63	757203	3982288	93.9	10.7	26.0	1240.8	بیرون زدگی به شدت اکسید آهنی و سیلیسی
AZ-NB-18	754916	3985069	28.2	1.87	63.9	555.2	دایک بازی ضخامت یک متر
AZ-NB-19	754714	3985596	27.3	2.18	67.3	495.0	دایک بازی ضخامت یک متر طول زیاد
AZN-54	754472	3983437	29.3	3.9	96.1	446.8	دایک بازی
AZN-66	755414	3984508	36.6	4.7	105.7	434.0	دایک بازی
AZ-NB-20	754773	3985799	35.8	3.16	54.6	417.7	دایک بازی ضخامت یک متر طول زیاد
AZN-47	745890	3991244	108.1	17.6	4.2	440.1	رگه کلسیتی حاوی کالکوزین-مالاکیت و سیلیکات بنفش رنگ؟
AZN-94	755290	3985444	362.5	40.1	32.6	629.6	رسوبات گارنت دار نابر جا از داخل آبراهه
AZN-83	754187	3984247	12.4	1.6	185.8	43.0	دایک گرانیتی
AZ-NB-25	754866	3986383	2.07	0.20	132	11.0	دایک گرانیتی

لازم به ذکر است که همه عناصر برحسب گرم برتن می باشند و عنصر Nb در مجموع عناصر نادر محاسبه نشده است.

۳-۹-۲- شرح تارگت ها

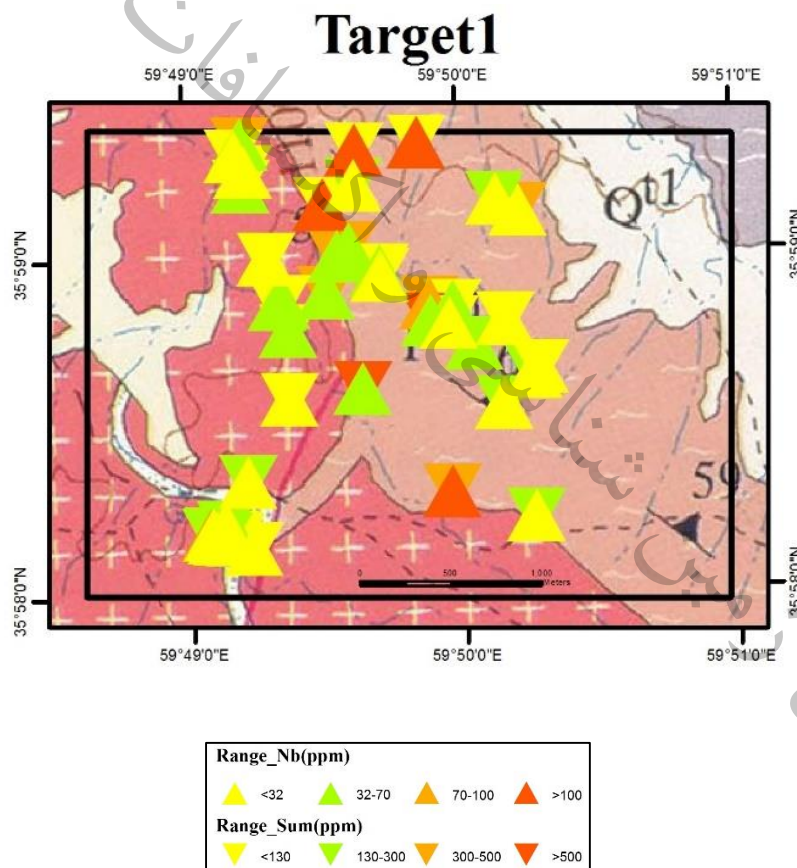
۳-۹-۲-۱- تارگت شماره یک

این تارگت با مساحت ۹ کیلومتر مربع عموماً در داخل گرانیت سنگ بست قرار دارد که شامل دایک های بازی و پگماتیتهای است. گرانیت سنگ بست در میانه مرز شمالی به سوی جنوب خاور، جنوب شهرک سنگ بست، توده نفوذی نسبتاً بزرگی با روند شمال باختر جنوب خاور در سنگ های دگرگونی نسبت داده شده به پرمین جایگزین شده است. درازای این توده تقریباً ۱۰ کیلومتر و پهنای میانگین آن ۴ تا ۴/۵ کیلومتر است، لذا سطح

رخنمود آن حدود ۳۷ کیلومتر مربع است. اثر دگرگونی گرمایی (همبری) در سنگ‌های میزبان به علت آنکه خود دگرگون بوده‌اند، آشکار نیست.

این گرانیات در اصل لوکوگرانیته است دانه درشت تا متوسط، با دانه بندی تقریباً یکنواخت که می‌توان آن را گرانیته‌یید هم نامید. بافت این سنگ دانه‌ای-میکریتی و گاهی پورفیری است.

رگه‌های پگماتیته در جهت‌های مختلف در این توده تزریق شده است. رگه‌های مذکور با رنگ روشن‌تر، از بلورهای درشت‌تر از توده اصلی تمیز داده می‌شوند. بلورهای درشت فلدسپارهای قلیایی، مسکوویت، کوارتز و به ندرت بیوتیت کانیهای اصلی سازنده رگه‌های پگماتیته این توده است. توده گرانیته‌ییدی سنگ بست ادامه توده گرانیته‌ییدی مشهود است که بیشترین گسترش آن، با روند شمال باختری-جنوب خاوری از میانه جنوب باختری تا مرز جنوبی نقشه مذکور ادامه دارد.



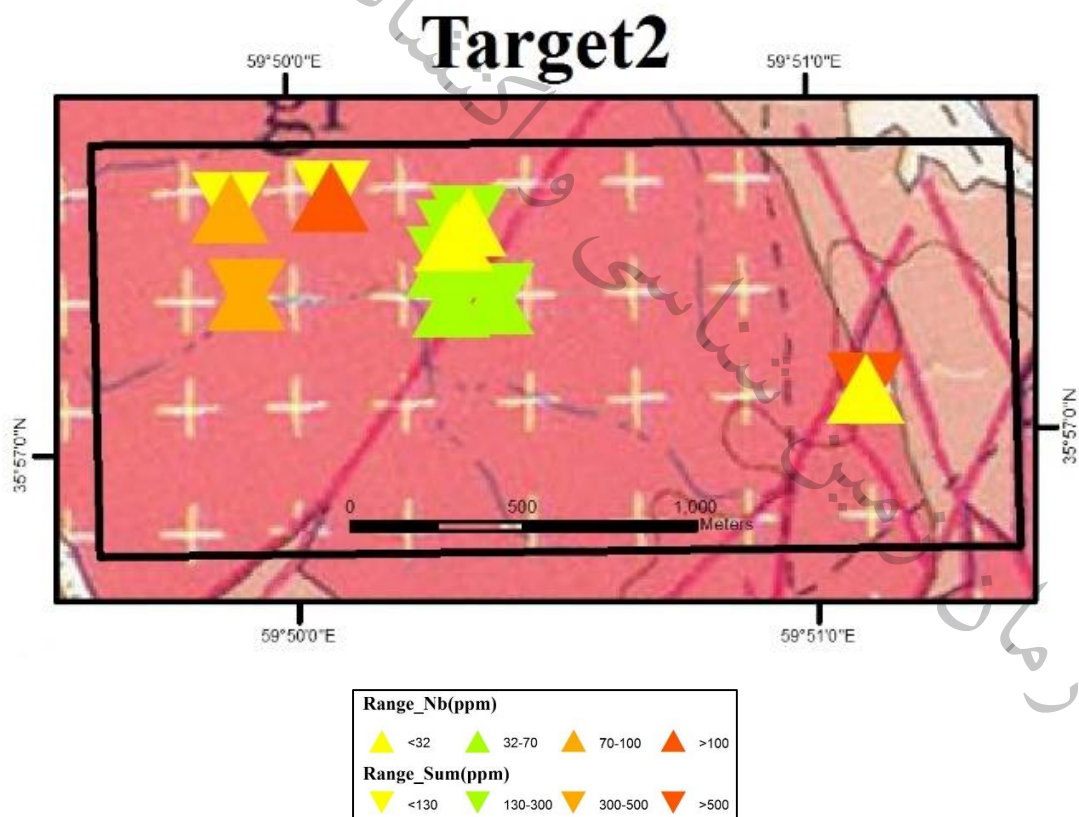
شکل ۳-۲۲- تصویر Symbol Map تارگت یک

جدول ۳-۱۵- مختصات چهار گوش تارگت یک

x	y
753398	3986479
756942	3986479
756942	3983921
753398	3983921

۳-۹-۲-۲- تارگت شماره دو

این تارگت با مساحت ۳ کیلومتر مربع مهمترین تارگت برای عناصر نادر خاکی میباشد که در داخل گرانیتهای سنگ بست قرار دارد. بیرون زدگی سیلیسی کربناتی که نمونه ۶۳ از آن گرفته شده است در این تارگت قرار دارد



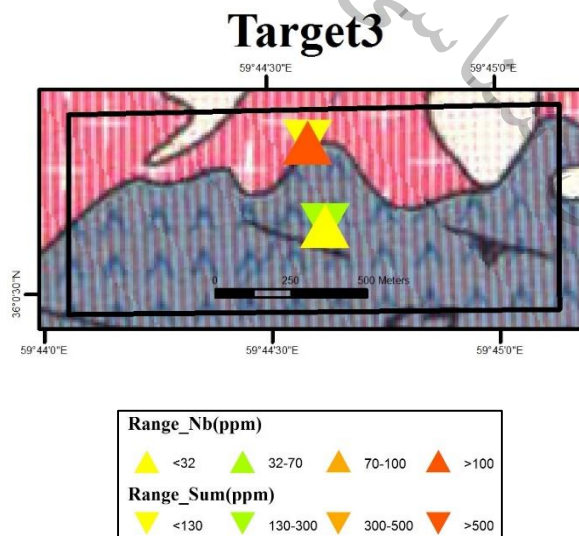
شکل ۳-۲۳- تصویر Symbol Map تارگت دو

جدول ۳-۱۶- مختصات چهار گوش تارکت دو

x	y
754953	3982991
757613	3983005
757650	3981830
754979	3981798

۳-۹-۲-۳ - تارکت شماره سه

این تارکت با مساحت ۱ کیلومتر مربع در کنتاکت گرانیته مشهد و سنگهای دگرگونی قرار دارد مجموعه دگرگونی شامل اسلیت، فیلیت، مرمر، شیست، کنگلومرای دگرگون شده کربناته است. همچنین واحدهایی از اسلیت نیز همراه ماسه سنگهای گری وکی یافت می شود، در این سنگهای دانه ریز دگرگون شده، پولکهای ظریف سریسیت، خردههای کوارتز، به ندرت فلدسپار، به ندرت کلریت که همگی جهت یافته شده اند، دیده می شود.



شکل ۳-۲۴- تصویر Symbol Map تارکت سه

جدول ۳-۱۷- مختصات چهار گوش تارکت سه

x	y
746424	3988921
748044	3988957
748046	3988278
746424	3988260

۳-۱۰- نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به نتایج برای عناصر نادر بعضی نمونه ها در حد کانی سازی هستند که مجموع عیار عناصر نادر بالای ۵۰۰ گرم بر تن است ولی برای عنصر نیوبیوم دو نمونه در حد آنومالی هستند. لازم به ذکر است که در دنیا در معادن فعلی عموماً حداقل مجموع عناصر نادر خاکی باید بیش از ۵۰۰ گرم بر تن باشد که البته به نوع عنصر و شرایط فراوری متفاوت است و اکسید نیوبیوم هم باید بیشتر از یک دهم درصد باشد. همانطور هم که نتایج جدول زیر نشان می دهد مجمع عناصر نادر در این تارگتها تا ۱۲۴۱ گرم بر تن نیز می باشد. در کل غنی شدگی عناصر نادر و استراتژیک به خصوص در منطقه سنگ بست در محدوده های مطالعاتی، به آهک های سیلیسی لیمونیتی و دایک های بازی و دایک های گرانیتی و پگماتیتی مرتبط است. دایک های پگماتیتی -گرانیتی برای عنصر نیوبیوم غنی شدگی نشان می دهد که نیاز است از این دایک ها نمونه برداری های بیشتر انجام شود و حتی حفاری شناسایی انجام گیرد. پچ کربناتی سیلیسی اکسید آهنی برای عنصر سریم و لانتانیوم و دایک های بازی بیشترین غنی شدگی را نسبت به عناصر سریم و ... دارد. از لحاظ گسترش دایک های بازی و پگماتیتی نسبتاً مناسب هستند ولی بخش سیلیسی کربناتی اکسید آهنی به صورت یک پچ حدود ۵۰ در ۱۰۰ متر است. در نهایت تارگت های معرفی شده ارزش کار تحقیقاتی شامل تهیه نقشه ۱:۵۰۰۰ زمین شناسی - معدنی و مطالعات کانی سنگین و حفاری شناسایی را دارد. که شرح خدمات کاملتر پیشنهادی در زیر می آید.

جدول ۳- ۱۸- جدول نمونه های تارگت های امید بخش

نام تارگت	شماره نمونه	X	Y	sum (ppm)	توضیحات
دو	AZN-63	757203	3982288	1241	بیرون زدگی به شدت اکسید آهنی و سیلیسی
یک	AZN-94	755290	3985444	630	
یک	AZ-NB-18	754916	3985069	555	سیلیسی اکسید آهنی
یک	AZ-NB-19	754714	3985596	495	کنتاکت توده و دگرگونی ها
یک	AZN-54	754472	3983437	447	دایک بازی
سه	AZN-47	745890	3991244	440	رگه کلسیتی حاوی کالکوزین-مالاکیت و سیلیکات بنفش رنگ؟
یک	AZN-66	755414	3984508	434	دایک بازی
یک	AZ-NB-20	754773	3985799	418	دایک بازی

۳-۱۱- شرح خدمات پیشنهادی

با توجه به غنی شدگی های نسبتا مناسب در تارگت ها شرح خدمات زیر به عنوان یک کار تحقیقاتی پیشنهاد می شود.

۱- تهیه نقشه های زمین شناسی معدنی در مقیاس ۱:۵۰۰۰ همراه با مطالعات دقیق میکروسکوپی جهت شناسایی کانی ها

۲- برداشت نمونه ای کانی سنگین به تعداد ۵۰ نمونه

۳- نمونه برداری لیتوژنوشیمی از دایک ها و توده ها بر اساس نتایج کانی سنگین و آنالیز به روش ICP-MS

۴- انجام عملیات ژئوفیزیکی مقاومت سنجی جهت شناسایی ساختارها

۵- طراحی و حفر تعدادی ترانشه

۶- حفاری شناسایی

منابع و مراجع

- [۱] آزادی، مهدی؛ مقدمه ای بر عناصر نادر خاکی، ترجمه کتاب جک وکن در حال انتشار.
- [۲] آزادی، مهدی؛ گزارش چکیده فعالیت های اکتشافی شمال شرق انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۴۰۰
- [۳] اکرمی، محمد علی؛ ویژگی های گرانیت های مشهد؛ دست نویس
- [۴] سایت سازمان زمین شناسی امریکا
- [۵] ضیایی، منصور؛ پاور پوینت آموزشی درس فلزات خاص، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ۱۳۹۸.
- [۶] پورلطیفی، علی، نقشه زمین شناسی مشهد در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۰۰۱
- [۷] طاهری، جعفر-قائم، فرخ، نقشه زمین شناسی مشهد در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۹۹۴
- [۸] واعظی پور و سهیلی، نقشه زمین شناسی فریمان در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۰۰۵
- [۹] نقشه زمین شناسی فریمان در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ توسط واعظی پور و سهیلی سال ۲۰۰۵ انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- [۱۰] گزارش ژئوشیمیایی سیستماتیک ورقه فریمان در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ شرکت جیانگ سی سال ۱۹۹۵ انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

[۱۱] گزارش ژئوشیمیایی سیستماتیک ورقه طبقه در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ توسط حسن باستانی و

فرنوش فرجندی سال ۱۳۸۶ انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

[۱۲] گزارش ژئوشیمیایی سیستماتیک ورقه مشهد در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ توسط شرکت توسعه علوم

زمین سال ۱۳۸۵ انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

[13] Georgios Charalampides, Konstantinos I. Vatalis, Baklavaridis Apostoplos, Benetis, Rare Earth Elements: Industrial Applications and Economic Dependency of Europe, 2015, International Conference on Applied Economics

[14] Rare Earth Elements Mineralogy, Economic & Industrial Applications, Krimpour 2020, research gate

نتایج آنالیز



سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور - مدیریت منطقه شمال شرق

آزمایشگاه شیمی - گزارش تجزیه شیمیایی

تلفن تماس: ۳۸۲۱۸۱۴۶ - ۳۸۲۱۲۴۰۵

نمابر: ۳۸۲۱۲۴۰۵

تاریخ تحویل به آزمایشگاه: ۱۴۰۰/۵/۳

شماره گزارش: ۵۰

تاریخ گزارش: ۱۴۰۰/۵/۲۳

در خواست کننده: آقای دکتر حسن عزمی

هزینه آزمایش: ۱۵۷۵۰۰۰۰ ریال (از محل بودجه جاری)

Field No.	Az-Nb-6	Az-Nb-8	Az-Nb-18	Az-Nb-20	Az-Nb-24	Az-Nb-49	Az-Nb-52	Az-Nb-53
Lab No.	M00/162	M00/163	M00/164	M00/165	M00/166	M00/167	M00/168	M00/169
%P2O5	0.84	0.29	1.41	0.84	0.22	0.64	0.77	1.06
% TiO2	2.19	0.89	2.28	1.46	1.40	3.40	1.81	1.88

Field No.	Az-Nb-54	Az-Nb-61	Az-Nb-66	Az-Nb-67	Az-Nb-73	Az-Nb-95	Az-Nb-97
Lab No.	M00/170	M00/171	M00/172	M00/173	M00/174	M00/175	M00/176
%P2O5	1.41	1.01	1.32	1.09	0.91	0.83	1.11
% TiO2	2.18	1.70	2.38	1.60	2.00	1.98	1.99

کنترل شد

تجزیه کتله شرقی

تذکر مهم:

۱. پاسخ بدون مهر و امضاء بدون اعتبار است.
۲. پاسخ ارائه شده فقط در مورد نمونه ی ارائه شده مورد استناد است. آزمایشگاه مسئولیتی در قبال ارائه ی این پاسخ برای سایر نمونه های مشابه یا تکرار مشابه نخواهد داشت.
۳. نمونه های ارائه شده به آزمایشگاه تا شش ماه در انبار نمونه ها نگهداری می شود. بدیهی است پس از این تاریخ در صورت درخواست تجدید آزمایش، بازبینی نمونه و یا استرداد آن، آزمایشگاه مسئولیتی نخواهد داشت.

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">نام آزمایشگاه:</td> <td style="width: 15%;">ICP-MS</td> <td style="width: 15%;">تعداد نمونه:</td> <td style="width: 15%;">۳۱ عدد</td> <td style="width: 15%;">تاریخ درخواست:</td> <td style="width: 15%;">۹۸/۰۵/۰۱</td> <td style="width: 15%;">صفحه از ۱</td> </tr> <tr> <td>کد آزمایشگاه:</td> <td>۹۸-ک ش-۳۵</td> <td>تعداد عنصر مورد آنالیز:</td> <td>۱۰۲۳ عدد</td> <td>تاریخ دریافت نمونه:</td> <td>۹۸/۰۵/۰۱</td> <td>شماره گزارش:</td> </tr> <tr> <td>درخواست کننده:</td> <td>آقای حسن عزمی</td> <td>نوع نمونه:</td> <td>سنگ</td> <td>تاریخ انجام آزمون:</td> <td>۹۸/۰۹/۱۲</td> <td>تاریخ گزارش:</td> </tr> <tr> <td>روش آزمون:</td> <td colspan="6">ICP-MS</td> </tr> </table>												نام آزمایشگاه:	ICP-MS	تعداد نمونه:	۳۱ عدد	تاریخ درخواست:	۹۸/۰۵/۰۱	صفحه از ۱	کد آزمایشگاه:	۹۸-ک ش-۳۵	تعداد عنصر مورد آنالیز:	۱۰۲۳ عدد	تاریخ دریافت نمونه:	۹۸/۰۵/۰۱	شماره گزارش:	درخواست کننده:	آقای حسن عزمی	نوع نمونه:	سنگ	تاریخ انجام آزمون:	۹۸/۰۹/۱۲	تاریخ گزارش:	روش آزمون:	ICP-MS					
نام آزمایشگاه:	ICP-MS	تعداد نمونه:	۳۱ عدد	تاریخ درخواست:	۹۸/۰۵/۰۱	صفحه از ۱																																	
کد آزمایشگاه:	۹۸-ک ش-۳۵	تعداد عنصر مورد آنالیز:	۱۰۲۳ عدد	تاریخ دریافت نمونه:	۹۸/۰۵/۰۱	شماره گزارش:																																	
درخواست کننده:	آقای حسن عزمی	نوع نمونه:	سنگ	تاریخ انجام آزمون:	۹۸/۰۹/۱۲	تاریخ گزارش:																																	
روش آزمون:	ICP-MS																																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																												
Analysis meth	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS																												
Concentration	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm																												
Elements	Ag	Be	Bi	Ce	Co	Cs	Dy	Er	Eu	Ga	Gd																												
Row	Sample No.																																						
1	AZ-NB-1	<0.50	1/64	0/88	47/2	35/5	16/6	4/09	2/33	1/44	8/77	4/81																											
2	AZ-NB-2	<0.50	1/98	0/62	51/3	57/1	9/07	3/15	1/66	0/86	10/9	3/93																											
3	AZ-NB-3	<0.50	<0.50	<0.10	10/5	3/21	0/23	0/61	0/26	<0.10	0/61	0/74																											
4	AZ-NB-4	<0.50	125	0/70	8/93	3/88	42/1	0/89	0/35	0/30	48/3	1/08																											
5	AZ-NB-5	<0.50	<0.50	0/10	11/6	2/84	0/88	2/99	1/94	0/64	2/78	2/01																											
6	AZ-NB-6	<0.50	1/94	<0.10	105	51/8	14/0	5/24	2/30	2/58	16/7	7/25																											
7	AZ-NB-7	<0.50	20/2	3/95	49/9	7/74	9/29	5/07	2/96	1/30	37/5	4/21																											
8	AZ-NB-8	<0.50	4/30	4/60	124	15/1	7/34	6/52	3/45	1/86	29/6	8/22																											
9	AZ-NB-9	<0.50	25/1	27/8	90/3	53/2	14/3	6/95	3/38	1/61	10/4	7/41																											
10	AZ-NB-10	<0.50	89/8	0/68	4/44	2/53	17/7	0/39	0/17	0/35	23/4	0/50																											
11	AZ-NB-11	<0.50	0/62	5/62	9/28	3/52	3/24	1/19	0/57	0/28	2/36	1/23																											
12	AZ-NB-12	<0.50	72/5	1/77	3/16	0/86	11/2	0/62	0/20	<0.10	32/0	0/46																											
13	AZ-NB-13	<0.50	64/0	1/66	22/2	2/08	55/3	0/79	0/36	0/42	32/5	1/09																											
14	AZ-NB-14	<0.50	4/70	1/21	9/13	1/05	7/83	1/04	0/86	0/30	14/7	0/71																											
15	AZ-NB-15	<0.50	5/90	1/37	21/2	2/42	5/87	1/42	0/80	0/52	17/2	1/49																											
16	AZ-NB-16	<0.50	6/89	1/37	22/5	4/91	0/11	5/03	3/17	0/74	25/1	3/41																											
17	AZ-NB-17	<0.50	3/90	0/30	8/26	1/06	8/17	0/51	0/40	0/86	18/3	0/46																											
18	AZ-NB-18	<0.50	2/53	<0.10	233	44/9	15/0	6/38	2/83	3/61	15/9	11/8																											
19	AZ-NB-19	<0.50	1/50	<0.10	204	40/0	11/8	6/16	2/81	3/41	15/6	10/5																											
20	AZ-NB-20	<0.50	3/02	0/52	168	32/7	9/80	6/66	3/71	2/73	16/6	10/2																											
21	AZ-NB-21	<0.50	6/80	0/23	40/5	1/85	2/78	0/79	0/39	0/54	21/2	1/81																											
22	AZ-NB-22	<0.50	1/37	0/34	25/1	12/8	0/33	5/21	2/84	0/96	9/67	3/92																											
23	AZ-NB-23	<0.50	25/5	0/30	11/6	3/58	3/61	1/75	1/61	0/30	14/1	1/55																											
24	AZ-NB-24	<0.50	5/53	0/41	177	26/7	16/1	6/48	3/31	2/15	28/2	11/6																											
25	AZ-NB-25	<0.50	62/5	1/22	3/24	0/92	36/7	0/35	0/17	0/10	31/5	0/32																											
26	AZ-NB-26	<0.50	3/29	0/73	57/6	9/20	1/84	4/66	3/14	1/00	22/0	4/55																											
27	AZ-NB-27	<0.50	27/8	3/99	19/9	1/98	14/2	2/30	2/00	0/36	33/1	1/55																											
28	AZ-NB-28	<0.50	43/6	0/89	5/24	2/25	45/9	0/70	0/33	0/31	39/5	0/59																											
29	TA-1	<0.50	2/16	<0.10	64/3	29/2	1/25	5/39	2/10	2/23	22/8	6/37																											
30	TA-2	<0.50	3/82	0/14	83/4	16/1	6/30	5/09	3/17	1/36	23/5	6/10																											
31	TA-3	<0.50	2/81	0/16	187	15/5	9/19	7/37	2/94	4/67	39/1	14/4																											

		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Analysis method		ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
Concentration		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Elements		Hf	Ho	In	La	Lu	Mo	Nb	Nd	Pr	Rb	Sc
Row	sample No.											
1	AZ-NB-1	0/88	0/83	<0.10	25/0	0/26	2/04	5/81	25/7	6/01	44/5	14/3
2	AZ-NB-2	1/42	0/61	<0.10	28/9	0/23	4/81	10/6	17/6	5/16	56/6	7/01
3	AZ-NB-3	<0.10	0/11	<0.10	2/87	<0.10	1/78	0/61	2/36	0/65	9/43	<0.50
4	AZ-NB-4	9/4	0/18	<0.10	8/23	<0.10	1/04	76/5	5/75	1/55	422	2/68
5	AZ-NB-5	0/38	0/69	<0.10	9/90	0/29	1/48	2/62	6/84	1/97	9/72	2/37
6	AZ-NB-6	6/22	0/99	<0.10	61/3	0/34	3/09	67/8	46/8	12/2	33/4	22/7
7	AZ-NB-7	2/26	1/17	0/20	27/7	0/45	3/49	14/9	22/3	6/54	51/2	14/4
8	AZ-NB-8	2/63	1/38	0/22	64/1	0/53	0/80	29/7	50/3	13/5	47/9	15/2
9	AZ-NB-9	1/53	1/53	<0.10	46/4	0/59	18/4	15/5	39/2	10/1	47/5	9/21
10	AZ-NB-10	3/54	<0.10	<0.10	2/87	<0.10	0/90	35/0	2/54	0/71	294	0/78
11	AZ-NB-11	0/32	0/24	<0.10	5/02	<0.10	2/85	2/81	5/11	1/14	24/0	1/56
12	AZ-NB-12	6/23	<0.10	<0.10	1/76	<0.10	0/84	58/6	1/40	0/39	197	0/95
13	AZ-NB-13	4/76	0/14	<0.10	9/63	<0.10	1/18	129	7/79	2/20	470	2/10
14	AZ-NB-14	2/42	0/23	<0.10	4/92	0/25	1/22	37/3	3/39	0/94	164	2/21
15	AZ-NB-15	1/54	0/29	<0.10	9/86	0/17	1/47	39/0	8/24	2/06	143	4/23
16	AZ-NB-16	1/03	1/11	0/21	13/7	0/42	0/74	12/0	10/7	2/68	9/50	5/44
17	AZ-NB-17	3/55	0/11	<0.10	5/61	0/16	1/18	32/5	2/84	0/85	168	2/71
18	AZ-NB-18	4/50	1/08	<0.10	142	0/34	5/66	63/9	87/4	23/0	82/9	21/0
19	AZ-NB-19	3/64	1/03	<0.10	129	0/42	5/96	67/3	76/2	19/8	104	20/8
20	AZ-NB-20	2/73	1/30	<0.10	97/4	0/51	4/37	54/6	61/3	16/0	46/3	18/0
21	AZ-NB-21	3/61	0/13	<0.10	25/8	0/11	1/85	45/6	11/7	4/18	111	4/25
22	AZ-NB-22	0/75	1/15	<0.10	13/7	0/39	2/53	7/08	12/2	2/96	11/3	6/16
23	AZ-NB-23	3/19	0/48	<0.10	5/76	0/28	2/02	10/2	5/13	1/39	44/6	4/09
24	AZ-NB-24	4/86	1/16	0/12	73/5	0/53	2/24	43/8	59/9	16/4	168	27/9
25	AZ-NB-25	5/51	<0.10	<0.10	1/94	<0.10	0/74	132	1/43	0/34	339	5/08
26	AZ-NB-26	2/22	1/09	0/12	30/9	0/54	1/91	13/5	25/0	6/49	20/4	8/75
27	AZ-NB-27	10/3	0/63	<0.10	10/3	0/63	1/30	125	7/39	2/23	194	8/00
28	AZ-NB-28	6/11	0/13	<0.10	2/82	<0.10	1/06	71/1	2/53	0/62	307	1/45
29	TA-1	2/95	0/98	<0.10	35/7	0/24	1/78	30/4	35/1	8/60	50/3	22/3
30	TA-2	5/61	1/09	<0.10	45/6	0/47	0/95	20/6	38/7	10/2	165	20/7
31	TA-3	3/61	1/01	<0.10	97/7	0/36	2/11	62/7	107	25/8	84/3	21/4

		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Analysis method		ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
Concentration		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Elements		Sm	Ta	Tb	Th	Tl	Tm	U	W	Y	Yb	Zr
Row	Sample No.											
1	AZ-NB-1	5/34	0/18	0/72	2/61	<0.50	0/31	1/24	1/87	20/8	1/94	38/6
2	AZ-NB-2	4/28	0/94	0/59	5/01	<0.50	0/26	2/88	1/59	14/9	1/43	56/9
3	AZ-NB-3	0/61	<0.10	<0.10	0/18	<0.50	<0.10	0/41	0/57	2/33	0/17	2/55
4	AZ-NB-4	1/37	71/28	0/17	3/92	1/73	<0.10	4/60	3/02	5/09	0/35	79/6
5	AZ-NB-5	1/81	0/13	0/42	1/20	<0.50	0/33	1/28	0/53	20/4	1/77	15/1
6	AZ-NB-6	8/29	2/19	0/99	7/38	1/09	0/37	1/67	1/13	24/9	1/88	277
7	AZ-NB-7	5/06	0/52	0/81	7/83	<0.50	0/49	2/72	1/18	30/4	3/26	69/8
8	AZ-NB-8	9/25	0/84	1/15	18/7	<0.50	0/56	2/52	113	34/2	3/39	85/8
9	AZ-NB-9	8/95	0/61	1/16	18/6	<0.50	0/57	25/8	18/5	31/8	3/53	52/8
10	AZ-NB-10	1/24	27/8	<0.10	4/33	1/68	<0.10	5/16	1/08	2/30	0/19	34/9
11	AZ-NB-11	1/09	0/12	0/18	1/17	<0.50	<0.10	1/13	0/62	6/53	0/51	9/59
12	AZ-NB-12	0/59	19/0	0/12	4/84	0/85	<0.10	5/69	2/09	4/29	0/27	66/6
13	AZ-NB-13	1/46	49/5	0/16	6/01	2/54	<0.10	3/64	3/32	3/39	0/39	63/7
14	AZ-NB-14	0/97	6/08	0/16	8/38	0/85	0/17	3/76	4/39	6/78	1/62	43/4
15	AZ-NB-15	1/63	3/63	0/24	8/38	0/55	0/16	3/14	5/35	8/04	1/11	41/1
16	AZ-NB-16	2/62	0/20	0/80	3/29	<0.50	0/50	2/17	2/45	35/7	2/90	32/2
17	AZ-NB-17	0/99	2/24	<0.10	25/5	0/91	<0.10	6/08	1/83	3/67	0/56	96/5
18	AZ-NB-18	12/5	3/09	1/32	16/7	0/70	0/36	4/66	1/92	28/2	1/87	230
19	AZ-NB-19	10/8	2/34	1/19	15/0	0/92	0/38	3/24	1/61	27/3	2/18	269
20	AZ-NB-20	9/51	1/77	1/24	15/3	<0.50	0/58	3/88	2/07	35/8	3/16	155
21	AZ-NB-21	1/76	2/17	0/16	33/7	0/51	<0.10	4/63	1/83	3/82	0/51	115
22	AZ-NB-22	3/44	0/12	0/90	2/49	<0.50	0/48	4/47	4/09	33/4	2/62	25/9
23	AZ-NB-23	1/55	0/41	0/27	3/98	<0.50	0/34	4/60	0/71	13/8	2/10	36/9
24	AZ-NB-24	10/2	3/12	1/16	28/2	0/82	0/52	4/06	1/69	26/7	3/23	200
25	AZ-NB-25	0/43	65/4	<0.10	4/59	2/62	<0.10	2/48	1/62	2/07	0/20	46/1
26	AZ-NB-26	5/28	0/40	0/82	10/7	<0.50	0/56	3/39	1/32	29/6	3/45	70/4
27	AZ-NB-27	1/72	10/5	0/36	14/3	0/78	0/50	7/56	6/16	22/0	3/46	140
28	AZ-NB-28	0/84	71/6	0/15	3/87	1/87	<0.10	4/83	2/95	4/57	0/28	47/4
29	TA-1	7/38	1/10	1/00	2/62	<0.50	0/31	1/11	0/56	22/7	1/57	125
30	TA-2	7/77	1/29	0/99	11/6	0/55	0/56	3/33	1/65	27/5	3/19	230
31	TA-3	20/9	5/84	1/75	17/1	0/64	0/37	3/40	1/17	18/2	2/39	145

Field.No	AZN-40	AZN-41	AZN-42	AZN-43	AZN-44	AZN-45	AZN-46	AZN-47
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
As	13/3	<2	4/5	<2	12/2	10/4	8/7	9/1
Ba	171/8	1243/8	35/7	66/1	324/6	59/6	160/0	296/9
Be	0/3	9/5	13/3	148/9	2/9	10/1	4/3	0/8
Cd	1/6	<0.1	<0.1	0/4	<0.1	<0.1	0/9	1/4
Ce	<1	108/6	5/9	2/8	70/0	6/4	86/9	133/4
Co	26/3	5/4	3/3	3/2	17/6	4/2	21/1	18/1
Cr	23/1	61/5	56/2	85/2	130/8	63/8	95/2	7/1
Cu	13/3	23/8	3/7	3/2	47/7	10/2	85/3	520/5
Dy	6/2	3/3	1/0	<1	5/0	2/1	6/1	9/2
Er	0/5	1/1	<0.5	<0.5	2/5	<0.5	2/9	5/7
Eu	<0.1	0/7	<0.1	<0.1	0/9	0/3	1/2	2/9
Ga	1/5	16/5	13/8	15/5	16/0	13/2	13/0	3/9
Gd	3/7	1/9	1/1	1/1	6/3	1/3	6/6	5/6
Ge	2/0	1/8	1/8	1/8	2/9	1/4	1/8	1/2
Hf	4/2	6/3	3/3	2/1	4/2	4/7	3/8	2/6
Ho	0/5	0/9	<0.5	<0.5	0/7	<0.5	1/2	2/3
La	36/8	63/0	9/2	8/2	43/8	15/0	52/8	87/4
Li	1/2	49/3	7/3	12/9	54/5	22/5	11/2	7/0
Lu	0/1	0/1	0/1	<0.1	0/1	<0.1	0/2	0/1
Mn	567/6	254/0	665/2	463/3	573/4	132/6	2022/9	4860/5
Mo	<0.5	<0.5	1/2	0/6	10/4	<0.5	<0.5	<0.5
Nb	2/6	63/7	15/3	107/1	21/8	33/6	35/3	4/2
Nd	6/6	31/9	2/5	1/1	29/7	4/1	37/0	46/8
Ni	20/9	15/6	8/4	10/0	32/5	5/3	33/5	2/5
P	114/4	211/5	377/4	414/6	309/2	81/9	441/9	105/0
Pb	105/5	22/8	17/7	16/8	26/2	28/8	17/8	16/3
Pr	6/3	7/9	3/8	2/7	7/9	1/3	9/9	8/6
Rb	<3	156/2	338/4	196/1	98/3	91/8	26/8	12/2
S	873/4	620/0	654/5	591/4	7038/5	768/8	1224/6	1135/4
Sc	0/2	0/1	<0.1	<0.1	14/8	1/0	10/2	8/4
Sm	3/5	3/7	1/0	0/7	5/0	1/1	6/8	7/8
Sn	3/9	0/6	<0.5	<0.5	2/1	<0.5	3/1	0/5
Sr	37/7	618/5	21/8	50/1	272/7	121/4	483/0	154/4
Ta	1/2	<0.5	<0.5	0/9	0/9	<0.5	1/3	1/0
Tb	0/7	1/3	1/2	1/2	0/9	1/0	0/9	2/1
Te	0/5	0/1	0/1	<0.02	0/2	<0.02	0/3	<0.02
Th	31/7	9/0	4/0	4/0	21/3	8/8	24/3	21/8
Ti	163/9	1177/4	23/1	104/6	5419/5	274/9	4973/1	189/6
Tl	1/7	<0.5	<0.5	<0.5	2/4	<0.5	0/7	0/5
Tm	1/2	0/4	0/7	1/0	0/2	0/4	0/4	2/5
U	6/6	1/0	<1	<1	3/4	1/5	5/0	3/6
V	48/0	14/5	0/7	1/9	150/8	5/0	79/1	10/9
Y	4/8	14/1	3/6	2/0	19/6	8/6	32/7	108/1
Yb	7/0	1/1	0/1	<0.1	3/4	0/9	5/2	17/6
Zn	90/7	16/6	<3	22/5	76/2	10/3	65/8	<3
Zr	77/0	390/4	89/3	92/0	351/0	202/3	324/8	123/7

Field.No	AZN-48	AZN-49	AZN-50	AZN-51	AZN-52	AZN-53	AZN-54	AZN-55
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0/5	<0.5
As	7/0	15/0	3/5	15/0	4/2	8/6	3/7	4/7
Ba	929/1	91/4	495/1	258/5	1425/2	801/2	1021/7	133/3
Be	7/4	2/4	7/4	0/5	2/6	3/2	3/0	1/8
Cd	0/9	2/0	0/5	<0.1	<0.1	<0.1	0/6	0/3
Ce	122/9	65/3	52/2	<1	106/9	139/1	188/2	49/2
Co	8/5	36/4	4/9	3/6	35/5	25/2	35/8	18/1
Cr	58/6	394/4	96/9	224/4	277/6	71/2	278/2	89/2
Cu	4/1	4/8	17/9	89/6	42/8	21/4	37/7	2/1
Dy	3/4	7/5	2/1	1/2	7/6	6/3	8/6	4/6
Er	0/8	6/4	0/7	<0.5	3/8	4/0	4/4	1/1
Eu	1/3	3/2	<0.1	<0.1	2/1	2/6	3/1	0/4
Ga	16/8	20/1	13/2	<1	12/5	21/2	14/0	7/9
Gd	2/5	15/2	1/9	0/8	9/2	9/0	11/0	2/2
Ge	2/1	2/5	1/1	1/7	1/8	2/5	2/9	<1
Hf	4/7	5/3	5/9	<2	6/0	4/9	2/9	3/8
Ho	0/9	0/7	<0.5	<0.5	1/0	1/3	1/7	0/7
La	57/4	46/6	29/7	10/2	68/1	72/5	99/0	44/1
Li	54/2	44/0	54/5	6/2	105/8	61/6	127/9	70/4
Lu	0/1	0/4	0/1	0/1	0/4	0/2	0/4	0/1
Mn	410/3	1626/1	156/3	159/5	1889/8	1232/6	1515/2	2598/1
Mo	<0.5	<0.5	<0.5	21/1	2/8	<0.5	5/5	1/3
Nb	50/3	59/4	52/9	3/4	50/2	68/5	96/1	17/6
Nd	29/7	40/6	14/4	2/1	44/2	51/4	66/0	18/1
Ni	6/2	144/1	15/5	12/9	173/6	47/4	185/8	16/1
P	538/7	2294/0	204/7	<30	2752/5	3503/6	5345/8	281/9
Pb	25/4	22/1	64/7	81/9	14/9	20/0	4/1	11/1
Pr	7/5	10/9	3/1	2/1	14/3	14/7	19/3	5/7
Rb	149/9	14/1	159/8	10/4	27/9	67/9	81/1	30/3
S	628/4	606/4	645/7	771/6	1517/9	932/6	1346/5	1043/6
Sc	1/3	29/3	1/0	<0.1	20/2	9/3	20/3	0/9
Sm	4/1	9/7	1/8	1/0	7/5	8/0	10/7	4/0
Sn	1/0	6/2	<0.5	0/9	5/1	4/5	5/2	2/2
Sr	527/3	666/7	147/3	8/7	756/0	856/5	1183/8	225/2
Ta	0/5	2/1	<0.5	<0.5	1/9	1/2	1/7	1/5
Tb	1/2	1/3	1/2	1/4	1/2	1/1	1/0	1/4
Te	0/1	0/4	0/1	<0.02	0/6	0/5	0/6	0/2
Th	11/3	38/6	8/8	5/6	35/2	27/5	37/9	24/3
Ti	1809/9	>10000	835/3	27/1	>10000	>10000	>10000	666/2
Tl	1/6	1/9	<0.5	<0.5	1/3	4/1	1/7	3/0
Tm	0/2	0/8	0/3	1/0	0/6	0/3	0/4	0/6
U	1/3	7/7	<1	<1	7/4	5/5	6/4	3/9
V	21/2	242/6	8/7	9/6	155/2	142/2	167/5	7/5
Y	12/0	29/0	7/9	2/5	24/2	24/2	29/3	14/5
Yb	0/8	3/8	0/5	0/1	3/9	3/2	3/9	2/4
Zn	37/3	110/0	344/7	215/7	72/4	106/7	92/7	<3
Zr	295/9	218/6	213/4	22/3	582/1	678/0	878/6	94/6

Lab.No	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374
Field.No	AZN-56	AZN-57	AZN-58	AZN-59	AZN-60	AZN-61	AZN-62	AZN-63
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
As	2/5	3/1	10/9	3/5	5/0	4/8	9/3	12/1
Ba	88/4	786/3	684/5	307/2	101/9	923/5	114/7	314/1
Be	1/0	5/5	5/3	2/0	7/2	2/8	4/8	4/2
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0/9	0/1	0/4
Ce	31/0	85/2	89/1	62/9	18/0	127/4	24/7	543/0
Co	27/0	6/0	9/6	16/8	4/6	38/3	3/9	31/2
Cr	42/3	50/7	51/2	115/6	73/1	318/5	56/7	70/8
Cu	14/1	4/1	4/6	6/5	4/0	50/9	2/7	14/0
Dy	5/6	2/6	3/5	5/0	1/7	8/2	1/7	14/1
Er	1/6	0/6	1/0	1/6	0/5	4/3	<0.5	5/7
Eu	0/7	0/8	1/1	0/8	<0.1	3/6	<0.1	11/9
Ga	4/2	15/4	12/7	5/8	13/9	17/3	14/3	15/4
Gd	2/6	2/5	2/8	3/3	1/1	9/5	1/4	10/0
Ge	<1	2/4	1/7	2/4	2/4	2/8	1/4	2/0
Hf	5/0	5/7	5/1	3/9	5/5	4/8	5/0	7/5
Ho	0/6	0/8	0/9	0/9	<0.5	1/3	<0.5	6/7
La	42/8	38/8	46/7	49/9	15/8	78/0	15/7	228/4
Li	29/7	33/7	53/6	40/7	18/0	155/9	24/9	9/8
Lu	0/2	0/1	0/2	0/1	<0.1	0/5	<0.1	0/3
Mn	3952/6	377/1	801/8	2802/3	205/0	1588/7	188/1	3070/7
Mo	<0.5	4/7	2/6	5/2	<0.5	2/4	4/4	4/0
Nb	12/9	48/2	46/5	38/9	86/8	81/3	116/2	26/0
Nd	17/2	27/7	30/8	25/0	7/7	58/9	8/6	247/1
Ni	13/6	12/1	11/9	35/1	15/3	224/3	<0.5	45/6
P	143/4	704/9	845/7	400/0	38/7	3844/2	63/0	>10000
Pb	10/2	21/9	32/7	26/0	21/5	15/6	35/4	31/2
Pr	6/1	6/1	7/5	7/9	2/8	15/6	3/6	34/5
Rb	21/6	131/6	137/1	69/6	231/1	79/2	228/5	10/1
S	866/2	505/8	765/1	833/3	507/4	1385/2	752/5	1040/8
Sc	0/9	0/9	1/6	1/1	1/2	20/9	1/2	7/3
Sm	5/4	3/9	4/4	5/1	1/8	9/6	2/0	31/6
Sn	4/4	0/9	1/5	2/7	<0.5	5/8	<0.5	5/1
Sr	130/1	301/5	297/3	177/8	67/7	935/4	91/3	1130/1
Ta	1/5	0/5	0/6	1/1	0/8	2/4	0/9	2/2
Tb	1/1	1/5	1/8	1/0	1/3	1/2	1/2	2/3
Te	0/5	<0.02	0/3	0/4	<0.02	0/5	0/2	0/4
Th	33/8	9/1	13/8	19/7	7/4	37/8	7/8	33/2
Ti	511/4	1766/4	1740/8	1481/1	134/5	>10000	175/4	3961/1
Tl	3/1	<0.5	1/5	1/3	<0.5	3/1	<0.5	2/1
Tm	0/9	0/4	0/2	0/5	0/3	0/3	0/3	0/6
U	6/8	1/2	2/4	4/9	<1	7/5	<1	7/3
V	9/2	16/5	20/0	18/6	1/7	169/2	0/7	113/8
Y	20/6	12/9	15/0	21/3	7/8	26/5	10/6	93/9
Yb	4/3	0/9	1/3	3/2	0/4	4/1	0/8	10/7
Zn	<3	9/4	28/1	7/9	<3	88/8	5/1	170/5
Zr	90/5	275/9	286/2	169/2	241/6	727/6	301/9	144/2

Lab.No	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382
Field.No	AZN-64	AZN-65	AZN-66	AZN-67	AZN-68	AZN-69	AZN-70	AZN-71
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
As	4/2	14/9	2/8	5/5	5/2	2/9	42/7	<2
Ba	76/8	84/6	948/6	799/3	119/3	747/6	115/6	131/7
Be	4/6	2/5	3/8	2/8	12/3	5/4	0/9	0/9
Cd	0/5	0/9	0/5	<0.1	<0.1	<0.1	2/4	<0.1
Ce	6/7	42/5	169/4	135/2	15/0	1/1	25/2	15/0
Co	2/8	21/9	37/4	31/3	4/9	4/5	21/9	7/1
Cr	52/0	275/7	202/3	66/6	41/6	90/7	220/6	98/2
Cu	2/8	11/5	58/2	28/1	20/2	1/9	37/7	1/7
Dy	1/0	5/0	8/5	7/3	1/7	1/5	6/5	2/2
Er	<0.5	2/1	5/7	4/8	0/9	<0.5	1/2	0/8
Eu	<0.1	1/1	3/1	2/8	<0.1	0/2	0/8	0/3
Ga	11/2	10/1	17/4	18/2	14/5	11/2	9/9	5/7
Gd	1/0	4/7	13/4	8/8	1/2	1/3	4/2	1/9
Ge	1/9	2/6	2/9	3/1	2/5	2/2	3/3	1/2
Hf	4/5	4/5	7/4	6/0	8/0	4/0	5/7	5/1
Ho	<0.5	0/7	1/7	1/5	<0.5	<0.5	0/7	<0.5
La	8/3	38/2	90/5	79/5	14/1	11/5	40/2	15/3
Li	15/5	89/6	144/6	111/8	15/5	24/3	12/3	13/4
Lu	0/1	0/3	0/4	0/3	<0.1	0/1	0/1	0/1
Mn	61/4	2554/1	2198/0	2299/1	466/5	202/5	1178/0	722/7
Mo	4/0	<0.5	<0.5	<0.5	5/8	<0.5	1/9	<0.5
Nb	62/8	16/2	105/7	69/7	59/5	16/7	10/1	2/8
Nd	4/2	22/8	70/2	57/4	6/9	<1	17/1	9/7
Ni	10/9	129/0	145/5	55/7	11/2	14/2	68/3	28/3
P	54/5	676/0	5290/9	3534/2	51/5	37/7	417/8	305/7
Pb	20/9	20/6	12/8	19/1	22/5	55/1	11/5	7/0
Pr	2/8	7/5	17/3	17/7	3/0	1/8	5/3	2/1
Rb	178/4	115/8	59/8	28/6	214/5	189/5	18/6	29/4
S	656/5	1404/1	1253/1	1396/8	754/2	699/9	796/8	562/8
Sc	0/1	8/4	19/3	12/0	1/1	0/4	16/1	6/3
Sm	0/9	4/9	11/3	9/6	1/6	1/0	3/7	2/5
Sn	<0.5	3/6	5/7	5/8	<0.5	<0.5	2/3	1/5
Sr	66/8	191/9	865/1	871/4	116/1	169/9	265/5	50/6
Ta	<0.5	1/4	2/0	2/0	0/8	<0.5	1/0	0/7
Tb	0/8	1/1	0/8	1/4	1/1	1/5	1/1	1/0
Te	<0.02	0/3	0/6	0/8	<0.02	<0.02	0/2	<0.02
Th	5/7	23/4	39/6	32/3	7/4	7/0	24/4	7/6
Ti	399/0	4200/4	>10000	>10000	139/8	393/0	2125/5	1417/5
Tl	<0.5	1/1	1/4	2/5	<0.5	<0.5	1/4	<0.5
Tm	0/5	0/3	0/4	0/3	0/5	0/3	0/5	0/4
U	<1	5/0	7/5	7/7	<1	<1	4/1	1/6
V	2/0	69/6	193/6	153/8	0/8	5/1	94/1	33/9
Y	6/2	19/8	36/6	35/6	14/3	1/8	15/2	8/3
Yb	0/5	3/2	4/7	4/9	1/3	0/1	4/9	1/1
Zn	15/5	79/6	84/7	101/2	44/5	13/4	26/3	14/3
Zr	186/5	213/7	898/9	689/9	190/4	68/3	196/0	186/5

Lab.No	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390
Field.No	AZN-72	AZN-73	AZN-74	AZN-75	AZN-76	AZN-77	AZN-78	AZN-79
Ag	<0.5	<0.5	0/6	<0.5	0/8	<0.5	<0.5	<0.5
As	7/6	47/0	39/5	4/9	16/2	5/3	4/8	15/7
Ba	238/6	739/7	1011/6	94/9	323/3	520/3	357/2	147/5
Be	0/6	2/5	2/9	0/1	1/6	13/9	3/8	3/1
Cd	<0.1	1/7	2/8	0/4	<0.1	0/7	1/3	2/4
Ce	20/4	105/4	70/2	2/5	37/5	82/5	87/8	23/5
Co	9/2	29/7	44/4	29/8	30/7	5/0	16/8	24/6
Cr	93/1	263/1	876/5	17/6	49/1	62/8	124/6	33/8
Cu	11/0	44/3	65/3	11/9	6/7	7/2	30/4	26/2
Dy	2/5	7/0	6/8	5/9	7/4	2/8	4/6	6/7
Er	0/9	3/5	3/1	1/0	3/4	<0.5	2/7	1/4
Eu	0/5	3/8	2/4	0/2	2/2	0/5	1/3	0/5
Ga	5/5	22/2	19/1	3/5	4/3	18/9	15/5	3/0
Gd	1/8	7/2	6/9	2/7	4/6	1/9	6/7	3/6
Ge	1/6	2/6	3/4	2/1	2/5	2/3	1/8	2/1
Hf	4/8	4/9	4/6	5/5	6/4	5/4	2/6	7/9
Ho	<0.5	1/3	0/8	<0.5	1/0	0/7	0/8	0/7
La	19/5	60/3	49/1	33/3	46/1	43/5	43/0	45/7
Li	11/5	38/0	33/9	5/2	10/5	92/2	91/9	10/2
Lu	0/1	0/3	0/7	0/2	0/3	0/1	0/2	0/2
Mn	1562/5	2160/6	>10000	3033/0	>10000	318/9	1165/9	>10000
Mo	<0.5	1/8	<0.5	1/6	86/8	2/3	<0.5	33/3
Nb	2/8	33/9	24/2	3/1	7/2	75/4	27/3	4/2
Nd	13/4	51/7	35/3	8/1	32/3	21/6	35/1	17/3
Ni	20/8	86/6	409/7	18/5	13/4	2/9	49/2	17/3
P	271/7	3468/3	1507/2	<30	76/9	423/4	297/9	189/0
Pb	11/2	21/3	6/9	20/8	13/8	41/8	21/2	30/0
Pr	3/5	13/1	12/1	4/8	9/4	5/1	9/4	5/8
Rb	17/0	56/3	73/2	<3	3/6	150/8	83/3	<3
S	770/6	1194/0	6053/6	1202/7	2075/7	676/9	734/2	1399/6
Sc	2/7	20/4	27/0	0/6	3/8	0/8	10/9	1/7
Sm	3/1	9/7	8/6	4/7	12/1	2/9	6/3	5/9
Sn	1/9	5/4	7/1	4/3	6/7	0/5	2/8	3/9
Sr	79/6	487/5	389/9	159/3	376/0	244/8	162/5	345/2
Ta	0/7	1/7	3/4	1/9	5/5	0/5	1/3	2/8
Tb	1/4	1/2	0/9	0/7	2/0	1/2	1/3	0/8
Te	0/1	0/6	0/8	0/6	0/9	0/1	0/3	0/5
Th	9/9	27/6	25/0	38/6	30/9	9/6	18/2	28/7
Ti	818/0	7689/2	7509/9	113/9	183/7	1318/8	5001/7	281/8
Tl	<0.5	0/7	0/8	0/7	2/8	<0.5	2/5	2/4
Tm	0/8	0/5	0/4	1/3	1/6	0/4	0/5	1/0
U	2/5	6/9	8/5	6/6	9/6	1/0	3/8	5/9
V	29/8	181/4	212/7	7/5	20/8	16/2	110/9	12/7
Y	10/9	24/9	16/4	15/0	68/6	11/0	20/3	22/6
Yb	1/2	3/4	2/9	4/5	9/0	0/9	2/4	6/4
Zn	17/8	98/6	117/9	102/7	11/0	49/6	121/1	364/6
Zr	52/9	516/3	307/5	69/4	90/1	255/7	251/8	60/3

Lab.No	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398
Field.No	AZN-80	AZN-81	AZN-82	AZN-83	AZN-84	AZN-85	AZN-86	AZN-87
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
As	3/7	15/2	3/0	7/8	13/1	8/4	9/0	12/1
Ba	95/4	13/9	62/2	32/3	1682/5	72/8	118/1	9/7
Be	7/9	1/0	6/2	7/3	4/3	11/2	4/3	6/5
Cd	1/5	1/1	0/5	<0.1	0/6	0/9	2/4	0/1
Ce	21/2	28/0	46/3	4/6	16/2	7/4	21/8	2/3
Co	10/7	31/7	29/7	2/7	20/5	4/6	24/3	2/6
Cr	63/6	17/6	350/9	89/7	41/4	59/0	44/9	95/0
Cu	23/9	49/9	32/4	18/0	13/3	16/4	5/2	2/5
Dy	3/4	6/9	6/5	1/3	5/5	1/2	6/5	1/1
Er	0/6	1/3	3/6	<0.5	1/7	<0.5	1/6	<0.5
Eu	0/1	1/0	1/5	<0.1	0/5	<0.1	0/7	<0.1
Ga	10/1	<1	17/4	13/8	6/2	17/1	3/4	21/0
Gd	2/0	3/5	6/9	1/2	3/8	0/8	3/6	1/0
Ge	1/2	3/9	2/6	1/6	2/0	2/3	2/2	1/7
Hf	4/1	7/1	6/9	5/6	5/5	6/1	5/0	2/7
Ho	<0.5	0/9	0/9	<0.5	0/7	<0.5	0/8	<0.5
La	26/7	46/4	42/5	9/0	35/3	9/7	43/4	8/1
Li	30/2	4/2	117/9	28/3	33/1	23/3	7/3	73/9
Lu	0/1	0/2	0/3	0/1	0/2	<0.1	0/2	0/1
Mn	1240/2	>10000	3828/1	199/1	4734/5	142/2	8864/9	230/5
Mo	4/6	25/8	<0.5	6/5	31/5	2/5	20/7	<0.5
Nb	62/3	4/9	25/9	185/8	10/8	68/3	5/0	22/3
Nd	10/7	22/0	27/7	4/0	13/5	2/7	18/2	2/2
Ni	18/7	31/5	102/5	21/0	17/1	8/2	17/2	10/2
P	159/5	40/2	658/8	<30	214/3	<30	88/0	140/7
Pb	39/2	25/4	24/3	34/6	21/1	36/0	23/6	15/9
Pr	3/0	8/4	8/5	5/3	5/6	2/2	6/0	2/1
Rb	105/6	<3	77/1	237/7	31/6	176/7	8/7	159/3
S	988/9	1164/8	882/7	629/9	2481/9	696/5	966/9	567/3
Sc	1/4	0/9	14/7	<0.1	1/5	<0.1	2/3	<0.1
Sm	2/0	8/6	6/6	1/1	5/0	1/3	6/3	<0.5
Sn	1/2	6/3	5/0	<0.5	3/5	<0.5	4/2	<0.5
Sr	100/6	376/5	100/4	23/0	194/1	54/1	210/0	28/1
Ta	1/0	3/2	2/4	0/5	1/6	<0.5	2/5	<0.5
Tb	1/1	1/1	0/9	1/1	0/9	1/1	1/3	1/4
Te	0/1	0/8	0/6	<0.02	0/7	<0.02	0/4	0/1
Th	14/1	35/7	32/0	7/6	23/5	6/1	25/2	4/7
Ti	417/2	88/1	6385/9	96/1	570/6	153/6	335/1	162/3
Tl	1/0	1/5	0/5	<0.5	1/6	<0.5	2/1	<0.5
Tm	0/5	1/5	0/3	0/3	1/0	0/4	1/3	0/3
U	3/1	8/9	7/4	<1	6/5	<1	7/5	<1
V	11/9	9/8	122/3	0/9	30/2	<0.2	42/4	0/4
Y	9/6	32/0	33/2	12/4	28/9	6/5	28/9	2/9
Yb	2/1	6/5	5/8	1/6	6/0	1/1	7/0	0/1
Zn	684/0	915/7	255/6	10/3	10/0	44/8	5/2	3/9
Zr	132/4	85/6	201/3	284/4	97/3	158/5	47/0	43/6

Lab.No	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408
Field.No	AZN-88	AZN-89	AZN-90	AZN-91	AZN-92	AZN-93	AZN-94	AZN-95	AZN-96	AZN-97
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0/8	1/0	<0.5	<0.5	<0.5
As	10/3	13/2	8/4	2/7	3/8	<2	8/5	<2	6/6	<2
Ba	17/4	23/7	30/1	45/1	482/6	31/1	115/9	747/3	232/1	1110/5
Be	7/3	6/4	6/8	0/7	2/7	0/5	1/0	2/6	6/6	6/2
Cd	0/6	0/7	0/9	1/1	0/4	0/5	1/9	1/1	<0.1	<0.1
Ce	10/5	3/8	<1	17/3	62/9	15/7	77/0	108/6	3/2	140/3
Co	5/1	4/2	2/7	4/1	23/4	18/9	29/5	36/2	3/6	32/4
Cr	87/8	67/6	53/5	140/0	120/9	14/9	161/8	383/6	83/8	218/9
Cu	4/4	1/7	<1	28/6	124/6	10/2	32/7	49/4	1/7	54/6
Dy	1/3	1/1	<1	1/9	5/6	6/7	10/3	7/5	1/1	7/1
Er	<0.5	<0.5	<0.5	0/8	2/8	<0.5	24/2	4/8	<0.5	4/4
Eu	<0.1	<0.1	<0.1	0/3	1/7	0/7	1/4	3/4	<0.1	3/0
Ga	18/9	23/0	18/0	2/8	10/0	<1	36/9	20/3	12/2	17/2
Gd	0/9	1/0	0/7	1/5	5/4	3/2	6/0	10/9	1/0	9/1
Ge	2/1	2/4	2/0	1/9	2/0	2/0	2/2	2/0	2/1	3/4
Hf	2/4	3/7	3/0	3/8	7/8	4/9	8/9	5/9	4/1	7/7
Ho	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0/8	0/7	3/5	1/2	<0.5	1/3
La	12/5	8/4	6/4	14/4	45/9	44/2	37/4	64/6	7/5	71/5
Li	80/1	114/5	51/1	9/3	74/5	11/1	33/1	118/7	14/7	142/8
Lu	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2	<0.1	0/9	0/5	<0.1	0/5
Mn	218/5	201/5	582/3	525/1	2735/1	4497/4	>10000	1695/4	124/0	1762/5
Mo	2/0	<0.5	<0.5	4/2	6/3	<0.5	3/3	<0.5	<0.5	7/2
Nb	23/4	31/9	21/1	2/4	30/5	1/6	32/6	80/5	22/8	69/6
Nd	3/8	<1	1/0	7/7	29/4	19/1	33/4	51/5	2/6	54/7
Ni	2/3	10/2	6/8	9/4	74/3	7/8	19/2	221/1	18/2	178/5
P	199/2	207/3	231/6	143/2	1400/8	<30	331/5	3274/3	640/1	3933/4
Pb	11/8	21/4	25/5	16/3	19/3	8/6	20/0	12/3	39/9	18/3
Pr	2/2	0/6	1/9	3/0	9/4	9/2	13/3	13/1	0/4	14/9
Rb	129/7	209/9	393/4	11/8	63/2	<3	18/9	29/5	144/3	74/7
S	530/2	480/7	458/2	562/2	1224/0	796/8	1106/9	1307/6	524/3	1269/3
Sc	0/3	0/4	<0.1	2/1	8/6	0/5	51/3	19/1	0/3	17/3
Sm	0/8	0/6	0/6	1/9	6/3	2/4	11/5	8/5	1/1	10/4
Sn	<0.5	<0.5	<0.5	0/7	3/9	0/6	9/4	4/8	<0.5	6/4
Sr	49/9	28/4	18/5	59/4	549/2	2805/5	65/1	767/1	74/0	648/4
Ta	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1/4	1/2	8/2	1/7	<0.5	2/1
Tb	1/4	1/2	1/2	1/2	1/2	1/0	2/2	1/3	1/3	1/4
Te	<0.02	0/1	0/1	0/1	0/4	0/2	0/9	0/5	<0.02	0/5
Th	5/3	4/2	3/4	6/6	23/8	22/2	27/0	35/2	4/6	28/4
Ti	260/3	194/9	80/3	648/0	4570/7	50/6	4789/0	>10000	153/0	>10000
Tl	0/6	<0.5	<0.5	1/9	1/4	0/9	1/6	2/0	<0.5	1/0
Tm	0/5	0/3	0/5	0/9	0/3	1/6	5/9	0/3	0/4	0/4
U	<1	<1	<1	1/3	5/5	2/2	10/2	6/3	<1	8/3
V	<0.2	<0.2	<0.2	16/2	89/2	10/8	84/1	182/1	0/4	152/6
Y	6/9	2/6	5/2	19/4	26/2	12/8	362/5	24/5	4/5	23/4
Yb	0/3	<0.1	0/3	1/3	4/2	7/3	40/1	3/8	0/4	3/5
Zn	33/0	26/6	5/9	15/2	30/7	<3	31/7	64/8	3/0	115/3
Zr	50/3	40/7	46/3	31/8	394/3	14/8	419/2	826/3	147/3	691/4