



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفزیک

گروه مهندسی معدن - کرایش اکتشاف

پایان نامه کارشناسی ارشد

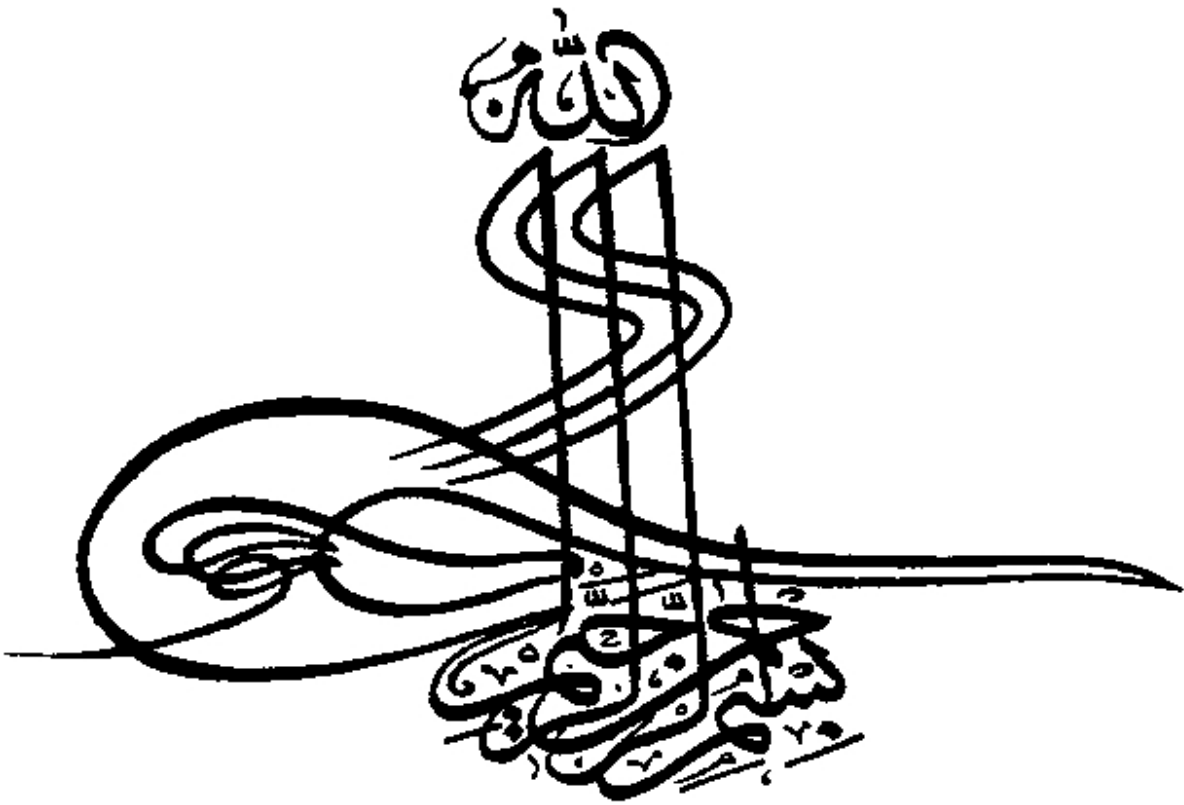
**بررسی و مطالعه کاربرد روش AMS در اکتشاف کانسارهای
کرومیت (مطالعه موردی کانسار کرومیت فاریاب)**

ابوالفضل قریب بلوک

اساتید راهنما:

دکتر منصور ضیایی
دکتر محمود صادقیان

آبان ۱۳۸۸





دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک
گروه مهندسی معدن - گرایش اکتشاف

بررسی و مطالعه کاربرد روش AMS در اکتشاف کانسارهای کرومیت (مطالعه موردی کانسار کرومیت فاریاب)

دانشجو: ابوالفضل قریب بلوک

اساتید راهنما:

دکتر منصور ضیایی

دکتر محمود صادقیان

پایان نامه ارشد جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد

آبان ۱۳۸۸



مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره :
تاریخ :
ویرایش :

فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خدایوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد ختم آقای ابوالفضل شریعتی رشته مکانیک گرایش مکانیک تحت عنوان بررسی و تحلیل دینامیک غیرخطی سیستم های چند درجه آزادی که در تاریخ ۱۳۹۹/۰۸/۱۸ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است :

قبول (با درجه : استاد ممتاز) دفاع مجدد مردود

۱- عالی (۲۰ - ۱۸)

۲- بسیار خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)

۳- خوب (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۴- قابل قبول (۱۳/۹۹ - ۱۲)

ردیف	عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱-	استاد ارشد	سید محمد ضیائی محمد صادقیان	استادیار استادیار	
۲-	استاد مشاور			
۳-	نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	ابراهیم محمدی	استاد	
۴-	استاد ممتحن	فریدون مرادی	استاد	
۵-	استاد ممتحن	ابراهیم کامکار رودباری	استادیار	

تأیید رئیس دانشکده :

تقدیم به

همه آنهایی که با گوهر وجود خویش مرا در راه آموختن
یاری نمودند.

تشکر و قدردانی:

اینجانب بر خود واجب می دانم از راهنمایی‌های اساتید گرانقدر خود جناب آقای دکتر منصور ضیایی و جناب آقای دکتر محمود صادقیان تشکر و قدردانی نموده و از خداوند کریم برای ایشان توفیق مسئلت دارم.

ضمناً از مساعدت آقای مهندس خانعلی زاده مسئول آزمایشگاه تهیه مقطع و سرکار خانم گوانجی که در تهیه و اندازه‌گیری نمونه‌های مربوطه من را یاری نمودند صمیمانه سپاسگزارم.

در خاتمه بر خود لازم می‌دانم از تلاشهای دوستان عزیزم مهندس مهدی زارع، مهندس رامین رفیعی، مهندس مجید شاه‌حسینی و مهندس علی فتحی در راهنمایی و ارشاد بنده در تدوین این پژوهش قدردانی نمایم.

تعهد نامه

اینجانب ابوالفضل قریب بلوک دانشجوی دوره روزانه کارشناسی ارشد رشته مهندسی اکتشاف معدن دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه "بررسی و مطالعه کاربرد روش AMS در اکتشاف کانسارهای کرومیت (مطالعه موردی کانسار کرومیت فاریاب)" تحت راهنمایی دکتر منصور ضیایی و دکتر محمود صادقیان متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و امانت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام دانشگاه صنعتی شاهرود یا **Shahrood university of technology** به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در بدست آمدن نتایج اصل پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط یا اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

چکیده

روشهای سنتی از قبیل مینرالوژی یا بررسی ساختار کانیهای کرومیت‌دار در مقاطع میکروسکوپی و ماکروسکوپی نیاز به زمان طولانی و تجربه زیاد دارد. با توجه به وجود محدودیت در استفاده از روشهای ژئوفیزیکی (گرانی و مغناطیس) برای اکتشاف عدسی‌های عمیق و پنهان کرومیتی در بسیاری از اندیس-های معادن فاریاب، این روشها خیلی نتیجه بخش نبوده است، لذا در اینجا از روشی مدرن مانند روش اندازه‌گیری ناهمسانگردی حساسیت مغناطیسی یا AMS^1 برای اکتشاف رگه‌های کرومیتی استفاده شد. اساس این روش بر مبنای تعیین فابریک مغناطیسی سنگها است. مهمترین کاربرد اندازه‌گیری‌های ناهمسانگردی حساسیت مغناطیسی در زمین‌شناسی، مطالعه پتروفابریک است. ما در این تحقیق از روش مذکور برای تعیین روند کلی رگه‌های کرومیتی در معدن فاریاب واقع در ۱۲۰ کیلومتری شرق بندرعباس که بدون شک بزرگترین تولید کننده کرومیت در ایران می‌باشد استفاده نمودیم؛ بطوریکه اگر بخواهیم مراحل پیاده سازی روش AMS را در منطقه مرور کنیم، در ابتدا پس از شناسایی محدوده نمونه‌برداری، از

1- Anisotropy of magnetic susceptibility.

ایستگاههای نمونه برداری که موقعیت جغرافیایی آنها را مشخص ساخته‌ایم، به وسیله ماشین حفاری قابل حمل مغزه‌گیری نمودیم. سپس مغزه‌های استوانه‌ای شکل که بصورت جهت‌دار برداشت شده‌اند را به قطعاتی با ابعاد برابر (۲۲ میلی‌متر ارتفاع) در کارگاه برش دادیم؛ در مرحله بعد، پس از شستشوی نمونه‌ها و نامگذاری آنها بر اساس موقعیت ایستگاه برداشت، حساسیت مغناطیسی مورد نظر را توسط دستگاه MFK1-FA در آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود اندازه‌گیری نموده و داده حاصل از آن را توسط نرم افزار Anisoft 4.2 که تحت ویندوز نوشته شده است بازخوانی کرده و به کمک دیگر نرم افزارهای مربوطه پردازش نمودیم. نتایج بدست آمده را با نتایج حاصل از زمین‌شناسی ساختمانی و کانی-شناسی تلفیق ساخته و پس از مقایسه با مشاهدات صحرایی، یک مدل کلی از روند ماده معدنی ارائه نمودیم. نتیجه حاصل اینکه روند کلی کرومیت با لیناسیون یا خطوارگی مغناطیسی و لایه بندی کرومیت با فولیاسیون یا برگوارگی مغناطیسی تطابق نسبتاً خوبی نشان می‌دهد. در پایان باید ذکر نمود که نسبت به دیگر روشهای آنالیز پتروفابریک، اندازه‌گیری ناهمسانگردی مغناطیسی دارای مزیت‌های قابل توجهی است که عبارتند از: قدرت وضوح بسیار بالا، سرعت عمل بالا، بصری بودن از لحاظ هزینه و مهمتر از همه این موارد اینکه، این روش می‌تواند به طور سیستماتیک روی همه رخنمون‌ها اجرا شود. این روش اگر با نتایج حاصل از مطالعات کانی‌شناسی و داده حاصل از زمین‌شناسی ساختمانی تلفیق گردد نتایج بسیار مفیدی دربر خواهد داشت.

کلمات کلیدی: ناهمسانگردی حساسیت مغناطیسی، فاریاب، کرومیت، لیناسیون و فولیاسیون مغناطیسی.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

1-Application of AMS Method for Exploration of Chromites Deposit in SE Iran,
International Conference ELECTRONIC GEOPHYSICAL YEAR, June-2009, Pereslavl-
Zalessky, Russia.

۲- شناسایی روند ادامه یافتگی عدسی‌های کرومیتی فاریاب با استفاده از آنالیز Fry، دوازدهمین

همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، اسفند ماه ۱۳۸۷، اهواز.

فهرست پایان نامه

صفحه	عنوان
ا	بسم ا
ب	عنوان
ج	تصویب نامه
د	تقدیم
ه	تشکر و قدردانی
و	تعهد نامه
ز	چکیده
ط	لیست مقالات مستخرج از پایان نامه
ی	فهرست پایان نامه
ک	فهرست مطالب
ن	فهرست شکل ها
ق	فهرست جداول

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

- ۱-۱- مقدمه..... ۲
- ۲-۱- مروری بر کارهای انجام شده قبلی..... ۳
- ۳-۱- تعریف موضوع تحقیق..... ۴
- ۴-۱- اهداف تحقیق..... ۵
- ۵-۱- سابقه و ضرورت انجام تحقیق..... ۵
- ۶-۱- سازمان‌دهی پژوهش..... ۶

فصل دوم: معرفی منطقه مورد مطالعه

- ۱-۲- مقدمه..... ۸
- ۱-۱-۲- رخداد کروم در طبیعت..... ۸
- ۲-۱-۲- شیمی کروم..... ۹
- ۲-۲- تولید کرومیت..... ۹
- ۱-۲-۲- تاریخچه اکتشاف کرومیت در ایران..... ۱۰
- ۲-۲-۲- ذخایر ایران..... ۱۲
- ۳-۲- میزان تولید کرومیت و روند آن در ایران..... ۱۳
- ۴-۲- معادن عمده کرومیت جهان..... ۱۵
- ۱-۴-۲- معادن کرومیت سایر کشورها..... ۱۵

۱۶	۲-۴-۲- معادن کرومیت ایران.....
۱۸	۵-۲- تاریخچه شرکت معادن فاریاب.....
۱۹	۶-۲- موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی منطقه.....
۲۲	۷-۲- وضعیت زمین شناسی منطقه.....
۲۶	۸-۲- سن تشکیل مجموعه سنگهای منطقه.....
۲۶	۹-۲- وضعیت تکتونیکی منطقه.....

فصل سوم: معرفی روش فابریک مغناطیسی

۳۰	۱-۳- مقدمه.....
۳۲	۲-۳- روش جدید (روش تعیین فابریکهای مغناطیسی).....
۳۲	۱-۲-۳- فابریک مغناطیسی سنگها.....
۳۳	۳-۳- ناهمسانگردی مغناطیسی.....
۴۱	۴-۳- مراحل پیاده سازی روش فابریک مغناطیسی.....
۴۸	۵-۳- خطاها.....
۵۰	۶-۳- آماده سازی نمونه ها.....
۵۰	۷-۳- اندازه گیری حساسیت مغناطیسی.....
۵۵	۸-۳- معرفی دستگاه MFK1-FA.....
۵۶	۱-۸-۳- مشخصات دستگاه.....
۵۹	۲-۸-۳- نکاتی در استفاده از دستگاه.....
۵۹	۹-۳- کالیبراسیون دستگاه.....
۶۰	۱۰-۳- شرح مختصری از منوی اصلی.....

- ۱۱-۳- اندازه گیری حساسیت مغناطیسی حجمی نمونه پودر شده..... ۶۱
- ۱۲-۳- اندازه گیری AMS نمونه در حال چرخش..... ۶۱
- ۱۳-۳- شرح مختصری درباره منوی کمکی..... ۶۴
- ۱۴-۳- پارامترهای جهت یابی..... ۶۵

فصل چهارم: پردازش و تفسیر نتایج حاصل از اندازه گیری نمونه ها

- ۱-۴- مقدمه..... ۶۹
- ۲-۴- نتایج اندازه گیری پارامترها..... ۷۰
- ۳-۴- بحث و نتیجه گیری..... ۹۴

فصل پنجم: آنالیز فرای

- ۱-۵- مقدمه..... ۱۰۰
- ۲-۵- تئوری آنالیز فرای..... ۱۰۱
- ۳-۵- ارتباط روش آنالیز فرای با روش فابریک مغناطیسی..... ۱۰۱
- ۴-۵- استفاده از روش فرای در معدن عزت..... ۱۰۲
- ۵-۵- مقایسه و نتیجه گیری..... ۱۰۸

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۱-۶- نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۱۱۰
- پیوست: نمودارها و جداول مربوط به نتایج فابریک مغناطیسی..... ۱۱۵

منابع و مأخذ

منابع ۱۲۵

فهرست شکلها

- شکل ۱-۲- نمودار تولید جهانی کرومیت بر اساس گزارش سازمان زمین شناسی آمریکا..... ۱۰
- شکل ۲-۲- پراکندگی کمپلکسهای افیولیتی در ایران..... ۱۱
- شکل ۳-۲- میزان تولید کرومیت در ایران در سالهای ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۹ بر حسب تن..... ۱۳
- شکل ۴-۲- نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه معدنی فاریاب..... ۲۰
- شکل ۵-۲- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰ توده اولترابازیک سرخ‌بند..... ۲۳
- ادامه شکل ۵-۲- راهنمای نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰ توده اولترابازیک سرخ‌بند..... ۲۴
- شکل ۶-۲- مقطع شماتیک از کانسار کرومیت و گسلهای فرعی در منطقه فاریاب..... ۲۷
- شکل ۷-۲- تصویر لایه بندی دونیت و پیروکسنیت در منطقه..... ۲۸
- شکل ۸-۲- روند کرومیت در معدن عزت..... ۲۸
- شکل ۱-۳- اندازه‌گیری فابریک‌های ماگمایی مزوسکوپی به روش سنتی در گرانیتهای..... ۳۲
- شکل ۲-۳- نمایش ناهمسانگردی حساسیت مغناطیسی توسط یک بیضوی سه محوره..... ۳۶
- شکل ۳-۳- بیضوی های AMS..... ۳۸
- شکل ۴-۳- نمایش پارامتر T به عنوان تابعی از لیناسیون و فولیاسیون..... ۳۸
- شکل ۵-۳- تصاویر استریوگرافیک جهات حساسیت مغناطیسی اصلی در انواع فابریک مغناطیسی..... ۳۹
- شکل ۶-۳- طرح شماتیک از رابطه بین کانی‌شناسی و فابریک..... ۴۱
- شکل ۷-۳- دستگاه حفاری قابل حمل، در حین حفاری سنگ دونیت..... ۴۲
- شکل ۸-۳- مغزه کرومیتی بدست آمده توسط دستگاه حفاری قابل حمل..... ۴۲

- شکل ۳-۹- اندازه‌گیری شیب و جهت شیب مغزه به وسیله کمپاس..... ۴۴
- شکل ۳-۱۰- نحوه قرار دادن تراز مسی در محل حفاری..... ۴۵
- شکل ۳-۱۱- نامگذاری نمونه‌های بعد از برش مغزه..... ۴۵
- شکل ۳-۱۲- مراحل ابتدائی نمونه‌برداری برای تهیه مغزه..... ۴۶
- شکل ۳-۱۳- نحوه تهیه نمونه برای اندازه‌گیری ناهمسانگردی حساسیت مغناطیسی..... ۴۷
- شکل ۳-۱۴- الف- دستگاه MFK1-FA و متعلقات آن..... ۵۱
- شکل ۳-۱۴- ب- نمای دیگر از دستگاه MFK1-FA..... ۵۲
- شکل ۳-۱۵- شمائی از محیط نرم افزار Anisoft 4.2..... ۵۴
- شکل ۳-۱۶- محفظه پلاستیکی برای اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی نمونه پودر شده..... ۶۱
- شکل ۳-۱۷- وضعیت قرارگیری نمونه درون محفظه در مرحله اول (چرخش حول محور x_1)..... ۶۲
- شکل ۳-۱۸- وضعیت قرارگیری نمونه درون محفظه در مرحله دوم (چرخش حول محور x_2)..... ۶۳
- شکل ۳-۱۹- وضعیت قرارگیری نمونه درون محفظه نگهدارنده در مراحل سوم و چهارم (چرخش حول محور x_3)..... ۶۳
- شکل ۳-۲۰- چگونگی قرارگیری نمونه در وضعیت‌های مختلف با توجه به سیستم مختصاتی جهت‌یابی از سمت راست..... ۶۴
- شکل ۳-۲۱- وضعیت قرارگیری پارامتر P1 در حالت‌های مختلف..... ۶۶
- شکل ۳-۲۲- وضعیت قرارگیری پارامتر P2 در حالت‌های مختلف..... ۶۶
- شکل ۴-۱- مقدار حساسیت مغناطیسی کل در مغزه‌های معدن رضا ۴ و رضا ۸ بر حسب μSI ۷۵
- شکل ۴-۲- مقدار حساسیت مغناطیسی کل در مغزه‌های معدن نازآفرین بر حسب μSI ۷۵
- شکل ۴-۳- مقدار حساسیت مغناطیسی کل در مغزه‌های معدن عزت بر حسب μSI ۷۶

- شکل ۴-۴- مقدار حساسیت مغناطیسی کل بر حسب μSI مربوط به کل مغزه‌های کرومیت..... ۷۶
- شکل ۴-۵- مقدار حساسیت مغناطیسی کل بر حسب μSI مربوط به کل مغزه‌های دونیت..... ۷۷
- شکل ۴-۶- مقدار حساسیت مغناطیسی کل بر حسب μSI مربوط به کل مغزه‌ها..... ۷۷
- شکل ۴-۷- نمودار پی یا دایره‌ای شکل حساسیت مغناطیسی کل مربوط به همه نمونه‌ها..... ۷۸
- شکل ۴-۸- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های کرومیتی معدن رضا روی استریونت..... ۷۹
- شکل ۴-۹- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های دونیتی معدن رضا روی استریونت اصلی..... ۸۰
- شکل ۴-۱۰- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های دونیتی معدن رضا روی استریونت بصورت فولیاسیون... ۸۱
- شکل ۴-۱۱- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های کرومیتی معدن نازآفرین روی استریونت..... ۸۲
- شکل ۴-۱۲- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های کرومیتی معدن عزت روی استریونت..... ۸۳
- شکل ۴-۱۳- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های کرومیتی معدن عزت روی استریونت بصورت فولیاسیون..... ۸۴
- شکل ۴-۱۴- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های دونیتی معدن عزت روی استریونت..... ۸۵
- شکل ۴-۱۵- نمایش لیناسیون در ایستگاههای نمونه‌برداری معدن رضا ۴..... ۸۸
- شکل ۴-۱۶- نمایش فولیاسیون در ایستگاههای نمونه‌برداری معدن رضا ۴..... ۸۸
- شکل ۴-۱۷- نمایش لیناسیون در ایستگاههای نمونه‌برداری معدن رضا ۸..... ۸۹
- شکل ۴-۱۸- نمایش فولیاسیون در ایستگاههای نمونه‌برداری معدن رضا ۸..... ۸۹
- شکل ۴-۱۹- نمایش لیناسیون در ایستگاههای نمونه‌برداری معدن نازآفرین..... ۹۰
- شکل ۴-۲۰- نمایش فولیاسیون در ایستگاههای نمونه‌برداری معدن نازآفرین..... ۹۰
- شکل ۴-۲۱- نمایش لیناسیون در ایستگاههای نمونه‌برداری معدن عزت..... ۹۱
- شکل ۴-۲۲- نمایش فولیاسیون در ایستگاههای نمونه‌برداری معدن عزت..... ۹۲

- شکل ۴-۲۳- نمایش جهت‌شیب و شیب لیناسیون ایستگاههای نمونه‌برداری بر روی نقشه زمین‌شناسی منطقه.....۹۳
- شکل ۴-۲۴- نمایش جهت‌شیب و شیب فولیاسیون ایستگاههای نمونه‌برداری بر روی نقشه زمین‌شناسی منطقه.....۹۴
- شکل ۴-۲۵- نمایش روند غالب لیناسیون بر روی نقشه زمین‌شناسی منطقه.....۹۵
- شکل ۴-۲۶- نمایش روند غالب فولیاسیون بر روی نقشه زمین‌شناسی منطقه.....۹۶
- شکل ۵-۱- تصویر مقطع میکروسکوپی متعلق به نمونه C1.....۱۰۳
- شکل ۵-۲- تصویر مقطع میکروسکوپی پس از بافر زدن در محیط نرم‌افزار متعلق به نمونه C1.....۱۰۳
- شکل ۵-۳- نمودار فرای نرمال تخمین زده شده، متعلق به نمونه C1.....۱۰۴
- شکل ۵-۴- تصویر نمونه ماکروسکوپی متعلق به نمونه P.....۱۰۴
- شکل ۵-۵- تصویر نمونه ماکروسکوپی متعلق به نمونه P پس از بافر زدن.....۱۰۵
- شکل ۵-۶- نمودار فرای نرمال تخمین زده شده، متعلق به نمونه P.....۱۰۵
- شکل ۵-۷- دیاگرام گل‌سرخ‌ی مربوط به امتداد یافتگی کرومیت در معدن عزت.....۱۰۶
- شکل ۵-۸- دیاگرام گل‌سرخ‌ی مربوط به روند کرومیت در معدن عزت (لیناسیون غالب).....۱۰۷
- شکل ۵-۹- دیاگرام گل‌سرخ‌ی مربوط به شکستگیها در معدن عزت.....۱۰۷
- شکل ۶-۱- نقشه منحنی میزان معدن عزت.....۱۱۲
- شکل ۶-۲- تصویر موقعیت حفاری نقطه حفاری پیشنهادی در معدن عزت.....۱۱۳
- شکل پ-۱- مقدار حساسیت مغناطیسی کل در مغزه‌های معدن شهریار بر حسب μSI۱۱۵
- شکل پ-۲- مقدار حساسیت مغناطیسی کل در مغزه‌های معدن شاهین بر حسب μSI۱۱۵
- شکل پ-۳- مقدار حساسیت مغناطیسی کل در مغزه‌های معدن فطر بر حسب μSI۱۱۶

- شکل پ-۴- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های کرومیتی معدن شهریار روی استریونت.....۱۱۷
- شکل پ-۵- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های دونیتی معدن شهریار روی استریونت.....۱۱۸
- شکل پ-۶- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های کرومیتی و دونیتی معدن شاهین روی استریونت.....۱۱۹
- شکل پ-۷- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های دونیتی معدن فطر روی استریونت.....۱۲۰
- شکل پ-۸- نمایش لیناسیون در ایستگاههای نمونه‌برداری معدن شهریار.....۱۲۱
- شکل پ-۹- نمایش فولیاسیون در ایستگاههای نمونه‌برداری معدن شهریار..... ۱۲۱
- شکل پ-۱۰- نمایش لیناسیون در ایستگاههای نمونه‌برداری معدن شاهین.....۱۲۲
- شکل پ-۱۱- نمایش فولیاسیون در ایستگاههای نمونه‌برداری معدن شاهین.....۱۲۲
- شکل پ-۱۲- نمایش لیناسیون در ایستگاههای نمونه‌برداری معدن فطر.....۱۲۳
- شکل پ-۱۳- نمایش فولیاسیون در ایستگاههای نمونه‌برداری معدن فطر.....۱۲۳

فهرست جداول و نمودارها

- جدول ۱-۲- میزان تولید کرومیت در ایران در سال های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۱..... ۱۳
- جدول ۲-۲ - میزان تولید کانسنگ و کنسانتره کرومیت در ایران در سالهای ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۱..... ۱۴
- جدول ۳-۲- معادن عمده کرومیت در کشورهای مختلف (معادن خارجی)..... ۱۵
- جدول ۴-۲- مشخصات کلی معادن متروکه و غیر فعال..... ۱۶
- جدول ۵-۲- وضعیت فعالیت معادن در حال آماده سازی و تجهیز و در حال اکتشاف کرومیت ایران..... ۱۷
- جدول ۶-۲- بارندگی سالانه و حداکثر و حداقل دما در دو منطقه میناب و کهنوج..... ۲۱
- جدول ۱-۳- نمونه‌ای از داده‌های محاسبه شده توسط دستگاه MFK1-FA..... ۵۳
- جدول ۲-۳- ویژگیهای دستگاه در اندازه‌گیری پارامترها در دو حالت نمونه ثابت و در حال چرخش..... ۵۷
- جدول ۳-۳- فهرست فاکتورهای ناهمسانگردی مغناطیسی..... ۵۸
- جدول ۱-۴- داده محاسبه شده توسط دستگاه MFK1-FA..... ۷۲
- جدول ۲-۴- سایر پارامترهای مغناطیسی محاسبه شده توسط دستگاه MFK1-FA..... ۷۳
- جدول ۳-۴- مقادیر متوسط پارامترهای مغناطیسی برای هر ایستگاه با توجه به لیتولوژی..... ۷۴
- جدول ۱-۵- جهت‌یافتگی ذرات کرومیت در نمونه های متعلق به کانسار عزت..... ۱۰۶

فصل اول:

کلیات

۱-۱- مقدمه

در طی چند دهه گذشته، معادن ایران به واسطه منابع غنی نفت و گاز کشور، از اهمیت چندانی برخوردار نبودند و کارکردن در این بخش با مشکلات بسیار صورت می‌گرفت، اما با توجه به تحولات قیمت مواد معدنی در بازارهای جهانی و افزایش تقاضا، رویکرد و توجه به معادن تغییر پیدا کرد، بطوریکه شکوفایی عظیمی در بخش معدن در طی سالهای اخیر حادث گردید؛ بسیاری از معادن غیرفعال کشور که در سالیان گذشته اقتصادی نبودند با افزایش قیمت مواد معدنی دوباره شروع به فعالیت نمودند. توجه هر چه بیشتر به اکتشافات مواد معدنی و یافتن منابع جدید رونق خاصی به بخش معدنی داد.

معدن فاریاب که یکی از قدیمی ترین معادن کرومیت ایران می‌باشد و می‌توان گفت از نظر ذخیره کرومیت در داخل کشور شاید منحصر بفرد باشد، در سالهای نه چندان دور به واسطه پائین بودن قیمت جهانی کرومیت، همیشه با مشکلات زیادی روبرو بوده است، اما در سالهای اخیر فعالیت معدن افزایش چشمگیری داشته است و مسئولین معدن دیدگاه ویژه‌ای به آن دارند.

سرمایه‌گذاری عظیمی بمنظور خریداری ماشین آلات سنگین، همچنین فعالیتهای اکتشافی که در نقاط مختلف معدن در حال اجرا می‌باشد معدن فاریاب را به یکی از قطب‌های معدنی جنوب کشور مبدل کرده است. اشتغال بیش از هزار نفر در بخش معدنی، در شرایط کنونی که اشتغال دغدغه اصلی مسئولین کشور می‌باشد اهمیت معدن را دوچندان می‌نماید.

۲-۱- مروری بر کارهای انجام شده قبلی

تا کنون مطالعات گسترده‌ای در منطقه فاریاب انجام شده است که به برخی از آنها به اختصار اشاره می‌گردد.

کیمیا قلم (۱۳۶۴ تا ۱۳۶۷) در سه دوره مختلف عملیات ژئوفیزیکی (گرانی‌سنجی، مغناطیس‌سنجی و مقاومت ویژه) را به منظور اکتشاف کرومیت در منطقه فاریاب اجرا کرده است. در گزارشات حاصل از انجام عملیات، دو محدوده دارای آنومالی در منطقه مشخص گردید و جمعاً ۵ نقطه برای حفاری پیشنهاد شده است.

رجب زاده (۱۳۷۸) در پژوهشی به مطالعه کانه‌زایی عناصر گروه پلاتین در کانسارهای کرومیت مناطق افیولیتی مناطق نیریز (آباده طشک) و فاریاب (آسمینون) در جنوب ایران پرداخته است. کانیهای گروه پلاتین (s) PGM همراه با کانسارهای کرومیت مجموعه های نیریز و فاریاب (آسمینون) در جنوب ایران مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. (s) PGM همراه با این کانسارها عموماً شامل فازهای غنی از Os و Ru بوده که در دمای بالا تشکیل می‌شوند. تعداد کمتری نیز از فازهای غنی از Pt، Rh و Pd شناسایی شده‌اند. توزیع PGM(s) در کلیه مقیاسها، از موقعیت چینه‌شناسی آنها در ستون افیولیتی تا موقعیت آنها در بلور کرومیت میزبان، دارای شکلی منظم بوده و نشانگر تفریق عناصر گروه پلاتین (s) PGE در یک سیستم ماگمایی در حال تحول می‌باشد. ترکیب کانی‌شناسی و توزیع آماری گونه‌های متفاوت (s) PGM همراه با مقدار بسیار فراوانتر سولفیدهای فلزات پایه در کانسارهای کرومیت منطقه فاریاب نسبت به افیولیت نیریز بیانگر بالا بودن فوگاسیته گوگرد در سیستم ماگمایی فاریاب نسبت به نیریز است. وجود دائمی PGM بصورت ادخال (*Inclusion*) در کانیهای کرومیت، اهمیت کانی اخیر را در تجمع (s) PGE در دمای بالا را نشان می‌دهد.

پازند (۱۳۸۵) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود به مقایسه روند کانی‌سازی عناصر گروه پلاتین (PGE) در دو منطقه سیخوران و فاریاب پرداخته است. کانسارهای عناصر گروه پلاتین (PGE) بیشتر همراه با سنگهای مافیک و اولترامافیک یافت می‌شوند. در این کانسارها عناصر گروه پلاتین همراه با کانی‌سازی سولفیدی نیکل و مس می‌باشند. برای اکتشاف این کانسار بر مبنای الگوی کانسار کشف شده در کمپلکس بوشولد و استیل و اتر از نسبت‌های عناصر و نمودارهای نرمالیزه- کندریتی استفاده می‌شود. مطالعات اولیه نشان می‌دهد که مناطق سیخوران و فاریاب دارای کانی‌سازی سولفیدی در لیتولوژیهای مختلف هستند. با توجه به شناسایی منابع PGE در لیتولوژیهای مشابه دیگر نقاط دنیا، مطالعه عناصر گروه پلاتین در این مناطق آغاز شد. با مطالعه میکروسکوپی نمونه‌ها، فازهای سولفیدی شناسایی و مشخص شد سولفیدها بیشتر شامل پیروتیت، پنتلاندیت، میلریت و هیزلوودیت می‌باشند. پس از مطالعات میکروسکوپی نمونه‌های سولفیدی انتخاب و به روش ICP-MS تجزیه شدند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که ذوب بخشی در گوشته فوقانی صورت گرفته و کانی‌سازی عناصر گروه پلاتین در این دو منطقه انجام شده است و جهت برآورد مقدار دقیق این عناصر باید مطالعات تفصیلی به ویژه در سنگهای کرومیت‌دار همراه کانی‌سازی سولفیدی آن انجام پذیرد.

۱-۳- تعریف موضوع تحقیق

روش AMS در بسیاری از جنبه‌های علوم زمین و معدن کاربرد دارد، ولی در زمینه اکتشاف ذخایر کرومیت به ندرت مورد استفاده قرار گرفته است یا حداقل در ایران بر روی چنین موضوعی کار نشده است. لذا در این تحقیق سعی می‌کنیم کاربرد این روش را در زمینه اکتشاف کانسارهای کرومیتی بررسی کنیم و در صورت پاسخگویی؛ مدل مناسبی ارائه نمائیم. در این رابطه فرضیه‌های اولیه‌ای در پیش رو داریم که می‌توانند ما را در رسیدن به اهدافمان یاری کنند:

۱- کانسارهای کرومیت معمولاً با سنگهای دونیت و هارزبورژیت همراهند.

۲- کانسارهای کرومیت به صورت لایه‌ای و عدسی و... تشکیل می‌شوند.

۳- کرومیت به صورت ثقلی نهشته می‌شود.

۴- کرومیت معمولاً حاوی عناصر کمیاب با ارزش از جمله V، Ni، Co، PGE و ... است.

۵- کرومیت یک کانی فرومغناطیس است.

۴-۱- اهداف تحقیق

برای اکتشاف ذخایر کرومیت درون افیولیت ملانژها در کشور ما روشی جامع، کاربردی و مدرن وجود ندارد. در بسیاری از مواقع روشهای ژئوفیزیکی به تنهایی مفید واقع نشده است، لذا از مهمترین اهداف این تحقیق، یافتن روشی جدید جهت اکتشاف کانسارهای کرومیتی با صرف حداقل هزینه ممکن؛ حداکثر دقت و در کمترین زمان می‌باشد. در این راستا سؤالاتی پیش می‌آید که جواب دادن به این سؤالات چارچوب کلی تحقیق ما را معین می‌سازد:

۱- آیا روش AMS می‌تواند در شناخت روند گسترش کانسارهای کرومیتی به ما کمک کند؟

۲- آیا به کمک این روش می‌توان شیب لایه‌ها یا عدسیهای کرومیتی را تخمین زد؟

۳- آیا این روش می‌تواند ارتباطی بین میزان Cr، Ni، Fe و Co در نمونه‌های اندازه‌گیری و حساسیت

مغناطیسی نشان دهد؟

۵-۱- سابقه و ضرورت انجام تحقیق

روش AMS در حدود پنجاه سال پیش در کشور لهستان معرفی شد و فقط به بررسیهای خاصی در رشته

فیزیک محدود می‌شد. ولی در طی سه دهه اخیر در رشته‌های علوم زمین و معدن راه یافته است. بیش از

۵۰ کشور در این زمینه فعالیت دارند و در زمینه‌های مختلف مرتبط با علوم مغناطیسی کار می‌کنند برخی از این زمینه‌ها عبارتند از: بررسی وارون مغناطیسی، تعیین مسیر سرگردانی قاره‌ها، تعیین مکانیزم بالا آمدگی توده‌های نفوذی، تعیین مسیر حرکت گدازه‌ها، بررسی دیرینه مغناطیس، جداسازی کانیه‌های فرومغناطیس و پارامغناطیس و شناسایی آنها، تعیین میزان ناخالصی الماس جهت بررسی خلوص آن و... روش AMS در ایران، جهت تعیین مکانیزم توده گرانیتوئیدی زاهدان (صادقیان؛ ۱۳۸۳)، توده گرانیتی شاهکوه بیرجند (اسماعیلی؛ ۱۳۸۶)، توده گرانیتی اشنویه در آذربایجان غربی (قلمقاس؛ ۱۳۸۲)، توده گرانیتی مشهد (نوابی؛ در حال انجام)، توده گرانیتی تویسرکان (در حال انجام)، توده گرانیتوئیدی شیرکوه یزد (در حال انجام) و... استفاده شده و نتایج با ارزشی را به همراه داشته است. لذا انتظار داریم پژوهش ما نیز نتایج قابل قبولی به همراه داشته باشد.

۱-۶- سازمان‌دهی پژوهش

پایان‌نامه حاضر مشتمل بر شش فصل می‌باشد که فصل جاری به مقدمه، مروری بر کارهای انجام شده قبلی، ضرورت و روش انجام تحقیق اختصاص داده شده است.

در فصل دوم موقعیت جغرافیایی و وضعیت زمین‌شناسی منطقه فاریاب با ذکر مقدمه‌ای درباره کرومیت مورد مطالعه قرار گرفته است. در فصل سوم به معرفی روش فابریک مغناطیسی و نحوه اندازه‌گیری با دستگاه می‌پردازیم. در فصل چهارم نتایج حاصل از اندازه‌گیری را بعد از پردازش با نرم افزارهای مربوطه، در هر معدن بطور جزء به جزء تعبیر و تفسیر نموده و در پایان بصورت یکجا در کنار هم قرار گرفته است. در فصل پنجم از روش آنالیز فرای به عنوان یک روش مکمل برای فابریک مغناطیسی در بررسیهای زمین‌شناسی ساختمانی استفاده شده است.

در نهایت در فصل ششم که فصل آخر این پایان‌نامه می‌باشد، نتایج و پیشنهادات لازم ارائه گردیده است.

فصل دوم:

معرفی منطقه مورد مطالعه

۲-۱- مقدمه

فلز کروم به علت داشتن خاصیت ضدخوردگی و سختی بالا در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از این فلز زمانی گسترش یافت که کروم همراه با نیکل در ساخت فولاد ضدزنگ به کار رفت. کاربرد مذکور به همراه کاربرد کروم در آبکاری فلزات، بیشترین موارد استفاده از این فلز است. کروم و فروکروم تنها از یک کانی اقتصادی به نام کرومیت تحت واکنشهای سیلیکوترمیک یا آلومینوترمیک توسط فرایندهای تشویه و لیچینگ بدست می‌آید.

۲-۱-۱- رخداد کروم در طبیعت

کروم بیست و یکمین عنصر از لحاظ فراوانی در پوسته زمین با غلظت متوسط ۱۰۰ ppm است. ترکیبات کروم به علت هوازدگی سنگهای حاوی کروم بوجود می‌آیند. محدوده غلظت کروم بطور نرمال در خاک بین ۱ mg/kg و ۳۰۰۰ mg/kg و در آبهای اقیانوسی ۵ µg/liter تا ۸۰۰ µg/liter و در رودخانه‌ها و دریاچه‌ها ۲۶ µg/liter تا ۵/۲ mg/kg می‌باشد. نسبت بین Cr^{3+} و Cr^{6+} شدیداً به PH و شرایط اکسیداسیون محیط بستگی دارد، ولی گونه غالب در اکثر موارد Cr^{3+} است. حدود ۴۰ درصد کانه کرومیت ($FeCr_2O_4$) دنیا در آفریقای جنوبی تولید می‌شود در حالیکه قزاقستان، هند، روسیه و ترکیه نیز تولید کننده‌های مهم دیگر این محصول هستند. ذخایر کرومیت که هنوز بهره‌برداری نشده‌اند زیادند ولی مهمترین آنها در آفریقای جنوبی و قزاقستان وجود دارند.

اگرچه کروم در طبیعت بصورت عنصری (خالص) کمیاب است، ولی در شرایطی خاص کروم خالص یافت شده است که از جمله می‌توان به معدن اوداچنایا (*Udachnaya*) اشاره کرد. این معدن بخشی از یک پایپ کیمبرلیتی غنی از الماس است که در آن وجود محیط احیایی به تولید همزمان الماس و کروم در حالت عنصری کمک می‌کند.

۲-۱-۲- شیمی کروم

کروم یک عنصر واسطه از گروه ۶ و دوره ۴ جدول تناوبی عناصر است و طیف وسیعی از حالات مختلف اکسیداسیون را نشان می‌دهد. معمولترین بنیانهای اکسیدی شامل ۲+، ۳+ و ۶+ می‌باشند که حالت ۳+ پایدارترین حالت است. حالت‌های ۱+، ۴+ و ۵+ خیلی کمیابند. حالت اکسید سه ظرفیتی کروم که پایدارترین حالت آن است را می‌توان از تجزیه کروم در اسیدهایی قوی مثل اسید هیدروکلریک بدست آورد. در بعضی ترکیبات، Al^{3+} با شعاع یونی ۰/۵ انگستروم و کروم با شعاع یونی ۰/۶۳ انگستروم می‌توانند جایگزین یکدیگر شوند.

کروم در محیط آبی میل به تشکیل کمپلکس دارد، برای مثال، یونهای کروم در آب سیستم اکتاهدرال را تشکیل می‌دهند. کلرید کروم سه ظرفیتی یا معمولترین فرم هیدراته، کمپلکس سبز تیره‌ای به فرم $[CrCl_2(H_2O)_4]Cl$ تشکیل می‌دهد، ولی دو فرم شناخته شده دیگر نیز به شکل $[CrCl(H_2O)_5]Cl_2$ سبز کم رنگ و $[Cr(H_2O)_6]Cl_3$ بنفش رنگ وجود دارد [wikipedia, 2009].

۲-۲- تولید کرومیت

تقریباً ۴/۴ میلیون تن کانه کرومیت در سال ۲۰۰۰ در سراسر جهان تولید شد (به شکل ۱-۲ نگاه کنید) و تبدیل به ۳/۳ میلیون تن فروکروم با یک ارزش تقریبی برابر با ۲/۵ میلیارد دلار گشت. در این سال بزرگترین تولید کننده‌های کانه کرومیت بترتیب، آفریقای جنوبی ۴۴٪، هند ۱۸٪، قزاقستان ۱۶٪، زیمباوه ۵٪، فنلاند ۴٪، ایران ۴٪، برزیل ۲٪ و بقیه کشورها دارای تولیدی کمتر از ۱۰٪ بوده‌اند.

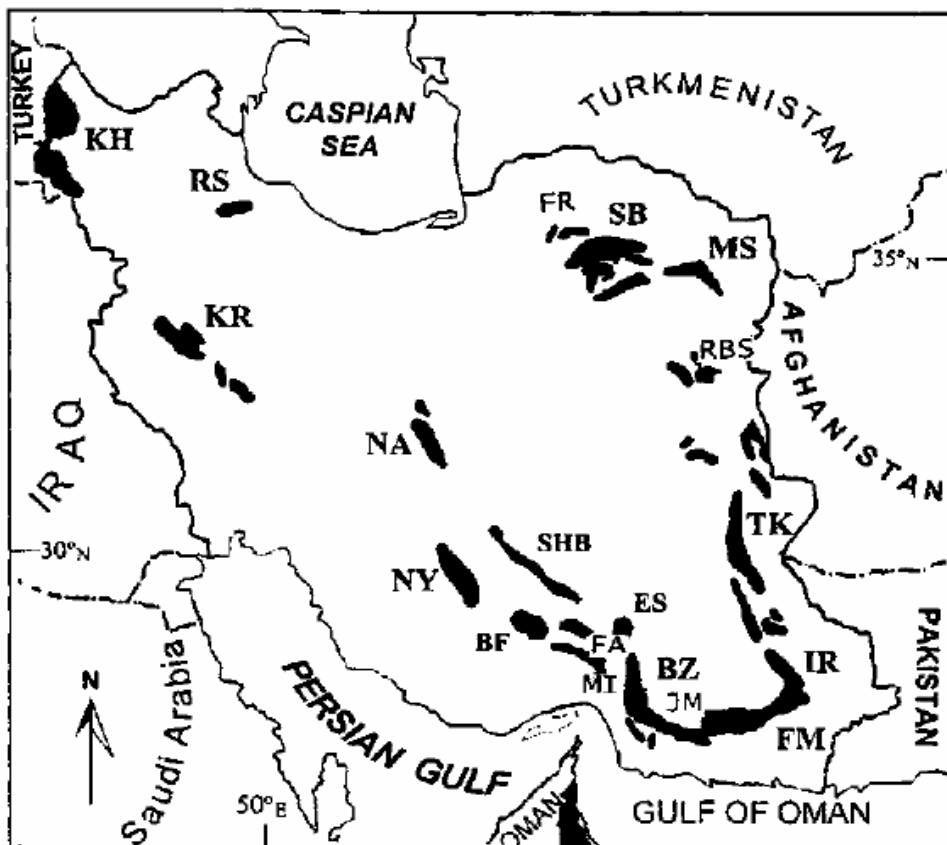


شکل ۱-۲- نمودار تولید جهانی کرومیت بر اساس گزارش سازمان زمین شناسی آمریکا [www.USGS.com].

۲-۲-۱- تاریخچه اکتشاف کرومیت در ایران

در سال ۱۳۱۹ برای اولین بار در ۱۴ کیلومتری روستای کاهک از توابع سبزوار کشف شد که سالیانه در حدود هزار تن کرومیت از آن استخراج می‌شد. کرومیت استخراجی از معدن فرومد در این منطقه جهت تولید بی‌کرومات پتاسیم در کارگاه‌های سنتی و همچنین آجر نسوز مورد مصرف قرار می‌گرفت و مقداری

از کرومیت استخراجی نیز صادر می‌شود، استخراج کرومیت از این معدن چند سالی بیشتر دوام نداشته و در طی سالهای ۱۳۲۳ تا ۱۳۲۹ این معدن تعطیل می‌شود. در ابتدا استخراج کرومیت و صادرات آن به وسیله دولت انجام می‌گرفت و سپس شرکتهای نیمه‌دولتی و خصوصی نیز این کار را در دست گرفتند. معادن کرومیت در برخی سالها به دلایل اقتصادی تعطیل و همزمان با ترقی بازار جهانی و افزایش میزان تقاضا در آن، مجدداً اقداماتی جهت استخراج به عمل آوردند و معادن دوباره تجهیز و راه اندازی شده‌اند. معادن عمده در حال بهره‌برداری کرومیت به طور کلی در مجموعه‌های افیولیتی و افیولیت ملانژها در چند نقطه از سطح کشور و در داخل توده‌های اولترابازیک به صورت عدسی‌های بزرگ و کوچک کرومیت قرار گرفته‌اند. شکل ۲-۲ محیطهای مناسب برای تشکیل کرومیت در ایران را نشان می‌دهد.



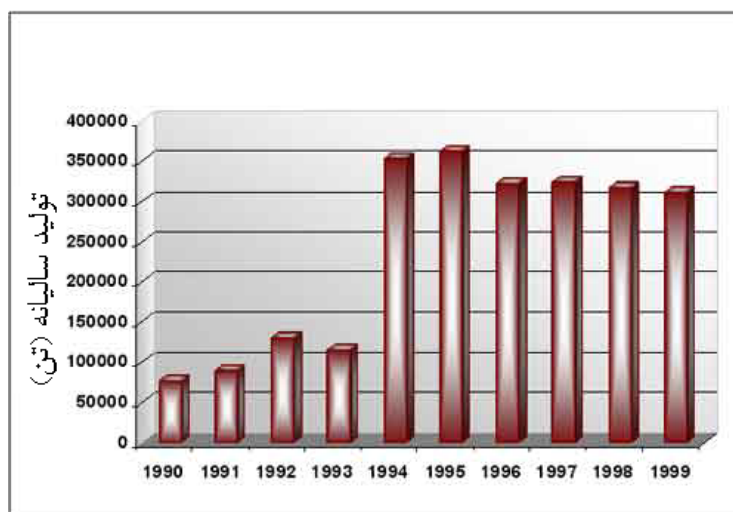
شکل ۲-۲- پراکندگی کمپلکسهای افیولیتی در ایران. سبزواری (SB)، فرومند (FR)، جازموریان (JM)، میناب (MI)، رباط سفید (RBS)، فاریاب (FA)، رشت (RS)، خوی (KH)، بافت (BF)، بندزیارت (BZ)، فنوج - مسکوتان (FM)، کرمانشاه (KR)، مشهد (MS)، نیریز (NY)، شهربابک (SHB)، اسفندقه (ES) و نایین (NA) [Ghazi and Hassanipak, 2000].

۲-۲-۲- ذخایر ایران

سنگهای دربرگیرنده کرومیت در ایران از نوع سنگهای آذرین غنی از آهن و منیزیم (سنگهای اولترامافیک مانند پریدوتیت، سرپانتینیت و پیروکسنیت) بوده و ذخایر کرومیت در داخل توده اولترامافیک به صورت عدسیهای بزرگ و کوچک قرار گرفته‌اند که این شرایط در شمال و شرق ایران (در امتداد زون فلش - افیولیت‌ملانژ بیرجند- ایرانشهر، افیولیت‌های سبزواری، فریمان و تربت‌حیدریه، ایران مرکزی (نائین)، زاگرس (شمال نیریز) و در جنوب ایران (فاریاب و اسفندقه) مشاهده می‌شود. توده‌های کرومیت ایران مانند بسیاری از کانسارهای آن در دنیا از نوع کانسارهای نامنظم است که در داخل سنگهای دونیتی و هارزبورژیته تشکیل شده است. تقریباً تمام کانسارهای کرومیت در ایران در مجموعه‌های افیولیتی و افیولیت‌ملانژها واقع شده‌اند و در بخش‌های زیرین سکانس افیولیتی قرار می‌گیرند و با موارد مشابه در عمان، ترکیه و منطقه بالکان تشابهات زیادی دارند. در حال حاضر معادن کرومیت ایران در استانهای خراسان، سمنان، فارس، کرمان، هرمزگان و سیستان و بلوچستان قرار دارند. بزرگترین ذخیره معدنی کشور مربوط به معدن کرومیت فاریاب است [www.ngdir.com].

۳-۲- میزان تولید کرومیت و روند آن در ایران

میانگین تولید کرومیت در طی سالهای ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۹، در ایران ۲۴۰۴۵۷/۸ تن بوده که از ۷۷۱۸۹ تن در سال ۱۹۹۰ به ۱۱۴۷۸۰ تن در سال ۱۹۹۳، ۳۲۲۳۶۷ تن در سال ۱۹۹۶ و ۳۱۱۲۳۵ تن در سال ۱۹۹۹ افزایش یافته است (شکل ۳-۲).



شکل ۳-۲- میزان تولید کرومیت در ایران در سالهای ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۹ بر حسب تن.

میانگین تولید کرومیت در طی سالهای ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۱ (در ایران با نرخ رشد ۳۸/۹۱٪، ۱۳۵۵۴۹/۶ تن بوده که از ۱۰۴۵۰۹ تن در سال ۱۹۹۷، ۱۵۴۴۶۰ تن در سال ۱۹۹۹ و ۱۴۵۱۷۰ تن در سال ۲۰۰۱ افزایش یافته است (جدول ۱-۲). ایران در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ از نظر میزان تولید کرومیت مقام هفتم جهان (۲/۸۲٪ تولید جهان) را به خود اختصاص داده است.

جدول ۱-۲- میزان تولید کرومیت در ایران در سال های (۱۹۹۷ تا ۲۰۰۱) بر حسب تن.

سال	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰	۲۰۰۱	درصد تغییرات
میزان تولید (تن)	۱۰۴۵۰۹	۱۴۶۲۰۰	۱۵۴۴۶۰	۱۲۷۴۰۹	۱۴۵۱۷۰	۳۸/۹۱

معادن کرومیت ایران در برخی سالها به دلایل اقتصادی تعطیل و همزمان با ترقی بازارهای جهانی و افزایش میزان تقاضا در آن مجدداً اقداماتی جهت استخراج این معادن به عمل آمده و معادن روباز تجهیز و راهاندازی گردیده‌اند. میزان تولید کرومیت در طی سالهای ۱۳۶۸ تا ۱۳۷۸ دارای نوساناتی بوده که دارای روند نسبتاً صعودی بوده است. بیشترین میزان تولید کرومیت در طی این سالها به صورت کلوخه بوده، پس از آن تولید کرومیت به شکل خاکه و کنسانتره صورت گرفته است.

میانگین تولید کنسانتره کرومیت در طی سالهای ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۱ در ایران با نرخ رشد ۶-٪، ۲۶۶/۴ هزارتن بوده که از ۳۲۴ هزارتن در سال ۱۹۹۷، ۳۶۸ هزارتن در سال ۱۹۹۹ و ۱۷۸ هزارتن در سال ۲۰۰۱ افزایش یافته است (جدول ۲-۲). کاهش تولید کرومیت در سال ۱۳۷۹ را می‌توان مرتبط با کاهش قیمت آن در بازارهای جهانی دانست. این کاهش تولید کاملاً منطبق بر تولید جهانی می‌باشد. همچنین در ایران علاوه بر کرومیت، فروکروم نیز تولید می‌شود که روند تولید آن تقریباً مشابه کرومیت است.

جدول ۲-۲ - میزان تولید کنسانتره کرومیت در ایران در سالهای ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۱ بر حسب هزار تن.

سال	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰	۲۰۰۱	درصد تغییرات
میزان تولید (هزار تن)	۳۲۴	۳۱۷	۳۶۸	۱۴۵	۱۷۸	-۶

برطبق آنچه تاکنون گفته شده است ذخایر کرومیت ایران در مجموعه‌های افیولیتی و افیولیت ملانژهای شمال شرق و جنوب شرق واقع شده و در نقاط مختلف کشور، بویژه در استانهای هرمزگان، کرمان، سیستان و بلوچستان، سمنان، خراسان و فارس پراکنده می‌باشند و بیشترین میزان تولید این ماده معدنی از معادن فاریاب و اسفندقه صورت می‌گیرد [www.ngdir.com].

۲-۴- معادن عمده کرومیت جهان

۲-۴-۱- معادن کرومیت سایر کشورها

ذخیره عمده و بزرگ کرومیت در کشور آفریقای جنوبی واقع شده است که به این دلیل این کشور یکی از بزرگترین تولید کنندگان کرومیت دنیا محسوب می‌شود. پس از آفریقای جنوبی کشورهای قزاقستان، ترکیه، روسیه، زیمبابوه، ماداگاسکار و... دارای معادن عمده تولید کننده کروم می‌باشند که در جدول ۲-۳ معادن عمده براساس کشورها آورده شده است.

جدول ۲-۳- معادن عمده کرومیت در کشورهای مختلف (معادن خارجی) [www.ngdir.com].

قاره	کشور	نام معدن	محل	ظرفیت تولید سالانه (تن)
آفریقا	آفریقای جنوبی	Lavino	Northern Province	۴۰۰۰۰۰
		Zeerost	North west Province	۱۰۰۰۰۰
		Maruelabult	Brits	۴۵۰۰۰۰
		Stellite	Rustenburg	۲۵۰۰۰۰
		Buffelsfontein	Mooi-nooi	۱۸۰۰۰۰
		Chrome Eden	Sun City	۲۵۰۰۰۰
		Kroondal	North west Province	۸۴۰۰۰۰
		Wonderkop	North west Province	۶۰۰۰۰۰
		Waterwal	North west Province	۳۲۴۰۰۰
		Thorncliffe	Mpumalanga	۱۲۰۰۰۰۰
	Purity	Rustenburg	۶۰۰۰۰۰	
	ماداگاسکار	Ankazo	Cupital Tananarive	۲۲۵۰۰۰
اروپا	آلبانی	Bulqiz	-	۱۲۰۰۰۰
		Kalimash	-	۴۰۰۰۰
	قزاقستان	Almaz		
		Mestorozhdenie		
		Let Kaz SSR-Molodezhnoe		
		Tsentranlly		
Poiskovy				

۲-۴-۲- معادن کرومیت در ایران

الف: معادن غیرفعال کرومیت در ایران

به طور کلی در طبقه‌بندی معادن برحسب نوع فعالیت، علاوه بر معادن جاری فعال (در حال بهره‌برداری) می‌توان به معادن جاری غیرفعال (غیرفعال) و راکد غیرفعال (متروکه) اشاره نمود، معادن غیرفعال کرومیت، معدنی هستند که در حال حاضر به دلایل گوناگونی از قبیل عدم دسترسی به بازار فروش، نبود بهره‌بردار جدید و برخی مشکلات فنی و اجرایی دیگر از قبیل ناپدید شدن لایه و عدسی کرومیتی، ریزش شدید تونل‌ها و... عملیات استخراج در آنها صورت نمی‌گیرد. با برطرف شدن این مشکلات، این معادن در ردیف معادن در حال بهره‌برداری (معادن فعال) قرار خواهند گرفت. در ادامه در جدول ۲-۴ به بررسی مشخصات معادن غیرفعال و متروکه خواهیم پرداخت.

جدول ۲-۴- مشخصات کلی معادن عمده متروکه و غیر فعال.

نام معدن	استان	محل و موقعیت معدن	میزان ذخیره (تن)	برداشت سالیانه اسمی (تن)	توضیحات
النگار	خراسان	شمال شرق سبزوار	۱۱۰۰۰	۲۲۰۰	در حال حاضر معدن غیرفعال (متروکه) است.
توتانک	خراسان	شرق سبزوار	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	در حال حاضر معدن غیرفعال (متروکه) است.
چاه پابر	خراسان	شمال غرب نیشابور	۱۰۳۰۰	۱۲۵۰	در انتهای سال ۱۳۷۹ برای آن پروانه بهره‌برداری صادر شده.
عباس آباد	سمنان	میامی	۵۰۰۰۰	۳۰۰۰	در حال حاضر معدن جاری غیرفعال است.
کلاته سبز	خراسان	جنوب سبزوار	-	-	اتمام ذخیره معدنی.
گرچی	خراسان	شمال شرق تربت حیدریه	۱۳۴۰	-	در سال ۱۳۴۹ تعطیل شده است.
کته تلخ	خراسان	اطراف تربت حیدریه	-	-	در سال ۱۳۴۲ تعطیل شده است.
نوباد	خراسان	جاده قدیم سبزوار-نیشابور	-	-	در سال ۱۳۷۳ به دلیل ریزش دیواره‌ها و خرابی کارگاه‌ها تعطیل شده است.

بر طبق آمار موجود در وزارت صنایع و معادن و همچنین مرکز آمار ایران وضعیت فعالیت معادن در حال آماده‌سازی و تجهیز و در حال اکتشاف به شرح ذیل (جدول ۲-۵) می‌باشد.

جدول ۲-۵- وضعیت معادن در حال آماده‌سازی و در حال اکتشاف کرومیت ایران [وزارت صنایع و معادن، ۱۳۷۸].

سال	تعداد معادن در حال آماده‌سازی و تجهیز	تعداد معادن در حال اکتشاف
۱۳۷۸	۰	۰
۱۳۷۹	۴	۰
۱۳۸۰	۱	۰

ب: معادن عمده تولید کننده (فعال) کرومیت در ایران

براساس آنچه که تاکنون گفته شده است، معادن عمده در حال بهره‌برداری کرومیت به طور کلی در مجموعه‌های افیولیتی و افیولیت ملانژها در چند نقطه از سطح کشور و در داخل توده‌های اولترامافیک به صورت عدسی‌های بزرگ و کوچک کرومیت قرار گرفته‌اند، در حال حاضر عمده این معادن در:

- منطقه سبزوار (در شمال و شمال شرق کشور)
- مناطق فاریاب و اسفندقه (در جنوب و جنوب شرق کشور)
- منطقه نیریز (در جنوب ایران و جنوب شرق شیراز)
- مناطقی در سیستان و بلوچستان و جنوب خراسان که در شرق ایران واقع شده و در حال بهره‌برداری می‌باشند.

اگر چه برمبنای مشخصات و ویژگی‌های مختلف معادن کرومیت می‌توان طبقه‌بندی‌های گوناگونی از آنها ارائه نمود، با این وجود جهت ارائه تصویر روشنی از وضعیت پراکندگی معادن عمده کرومیت در سطح کشور، طبقه‌بندی استانی مد نظر قرار گرفته است. در حال حاضر عمده معادن فعال کرومیت در استانهای کرمان، هرمزگان، فارس، خراسان، سیستان و بلوچستان و سمنان واقع شده‌اند و براساس آمارهای موجود بیشترین میزان ذخیره و برداشت کرومیت مربوط به استان کرمان می‌باشد.

تعداد معادن فعال (در حال بهره‌برداری) در طی سال‌های (۶۷-۷۹) به شکل پله‌ای یک روند صعودی داشته و از ۲ معدن در سال ۱۳۶۸ به ۲۳ معدن در سال ۱۳۸۰ افزایش یافته است، این افزایش در تعداد معادن به افزایش میزان تولید نیز منجر شده است.

افزایش تعداد معادن در حال بهره‌برداری به طور عمده به دلیل اکتشاف کانسارهای جدید کرومیت و بهره‌برداری آن در استانهای خراسان، سیستان و بلوچستان و همچنین راه‌اندازی برخی معادن راکد غیرفعال در سطح استانها می‌باشد، به طوریکه در سال ۷۹ تعداد آنها به ۳۰ معدن افزایش می‌یابد [وزارت صنایع و معادن، ۱۳۷۸].

در ادامه این بخش به معرفی معادن کرومیت فاریاب که بزرگترین تولید کننده کرومیت در ایران می‌باشد می‌پردازیم.

۲-۵- تاریخچه شرکت معادن فاریاب

در سال ۱۳۳۹ شرکت معادن فاریاب فعالیتهای معدنکاری خود را در زمینه اکتشاف و استخراج کانه کرومیت در ۱۲۰ کیلومتری شرق بندرعباس شروع نمود. مجموعه ذخائر اکتشاف شده تا قبل از پیروزی انقلاب اسلامی بالغ بر دو میلیون تن می‌شد که تا سال ۱۳۵۷ بیش از ۹۰٪ آن استخراج شده بود. از سال ۱۳۶۳ با کوشش فراوان مدیریت و مسئولین محترم این شرکت، منابع عظیمی از کرومیت کشف و استخراج شد، به طوری که در سال ۱۳۷۳، ۲۹۲ هزار تن و در سال ۱۳۷۴، ۳۲۴ هزار تن کرومیت استخراج شد و در سال ۱۹۹۶ میلادی شرکت معادن فاریاب دومین صادر کننده کرومیت بعد از آفریقای جنوبی در جهان بوده است. از فعالیتهای دیگر این شرکت، اکتشاف و استخراج معادن منگنز، آهنک و سیلیس است. همچنین احداث پالایشگاه فرو آلیاژهای آبادان از دیگر اقدامات این شرکت می‌باشد.

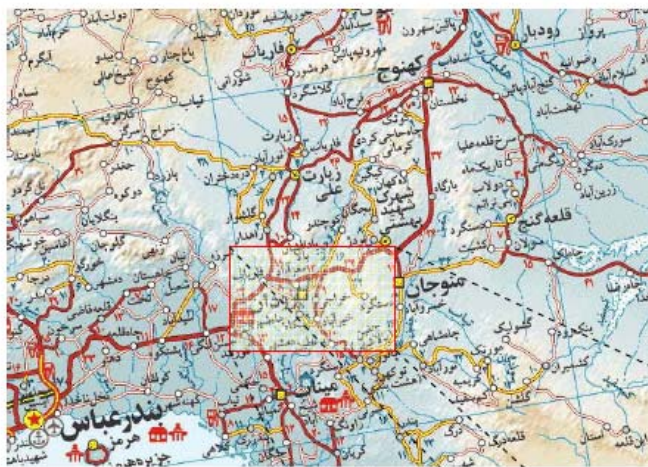
۲-۶- موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی

منطقه مورد نظر در حد فاصل بین استانهای کرمان و هرمزگان واقع شده است و از نظر تقسیم‌بندی کشوری جزو استان کرمان محسوب می‌شود. این منطقه مساحتی حدود ۶۰۰ کیلومتر مربع را شامل می‌گردد و بخش عمده نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ کهنوج بالا را در بر می‌گیرد. طول و عرض جغرافیایی این گسترده برابر است با:

عرض شمالی ۲۷°۱۵' - ۲۷°۳۰'

طول شرقی ۵۷°۱۵' - ۵۷°۳۰'

منطقه فاریاب، زمین برآمده‌ای است که دور تا دور آن را دشتهای احاطه کرده‌اند. ارتفاع بلندترین نقطه در این منطقه کوه زردبند با بلندی ۱۱۵۰ متر می‌باشد. این منطقه از اطراف به دشتهای منوجان، نودژ، جغین، میناب و رودان محدود می‌شود. وضعیت راههای ارتباطی منطقه در شکل ۲-۴ نشان داده شده است. معادن فاریاب در کیلومتر ۱۲۵ جاده آسفالته بندرعباس - جیرفت واقع شده‌اند. پوشش گیاهی منطقه را عموماً درختچه‌ها، بوته‌ها و علفهایی که به صورت پراکنده رشد کرده‌اند و تراکم آنها در مظاهر آبی و در طول جویبارهای کوچک دائمی بیشتر است، تشکیل می‌دهند. البته قسمت اعظم سطح منطقه عاری از پوشش گیاهی و دارای رخنمون سنگی است.



شکل ۲-۴- نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه معدنی فاریاب و راههای ارتباطی با سایر مناطق [اقتباس از اطلس راههای ایران ، سال ۱۳۸۲].

آب و هوای منطقه از نوع خشک و بیابانی است. درجه حرارت در تابستان بسیار بالا و برای چند ماه به حدود ۴۰ درجه سانتیگراد می‌رسد، ولی هوا در زمستان و اواخر پاییز ملایم و صاف می‌باشد. از نظر بارندگی، میزان بارش در منطقه به طور متوسط حدود ۲۹۰ میلیمتر در سال می‌باشد. از نظر تبخیر، پتانسیل تبخیر در منطقه بالا بوده و به حدود ۳۳۰۰ میلیمتر در سال بالغ می‌گردد. تغییرات درجه حرارت در شبانه روز، حدود ۱۵ درجه است که بیانگر اختلاف قابل ملاحظه دما در طول شبانه روز می‌باشد. جدول بارندگی سالانه و حداکثر و حداقل دما برای سال ۱۹۹۴ در جدول ۲-۶ آورده شده است.

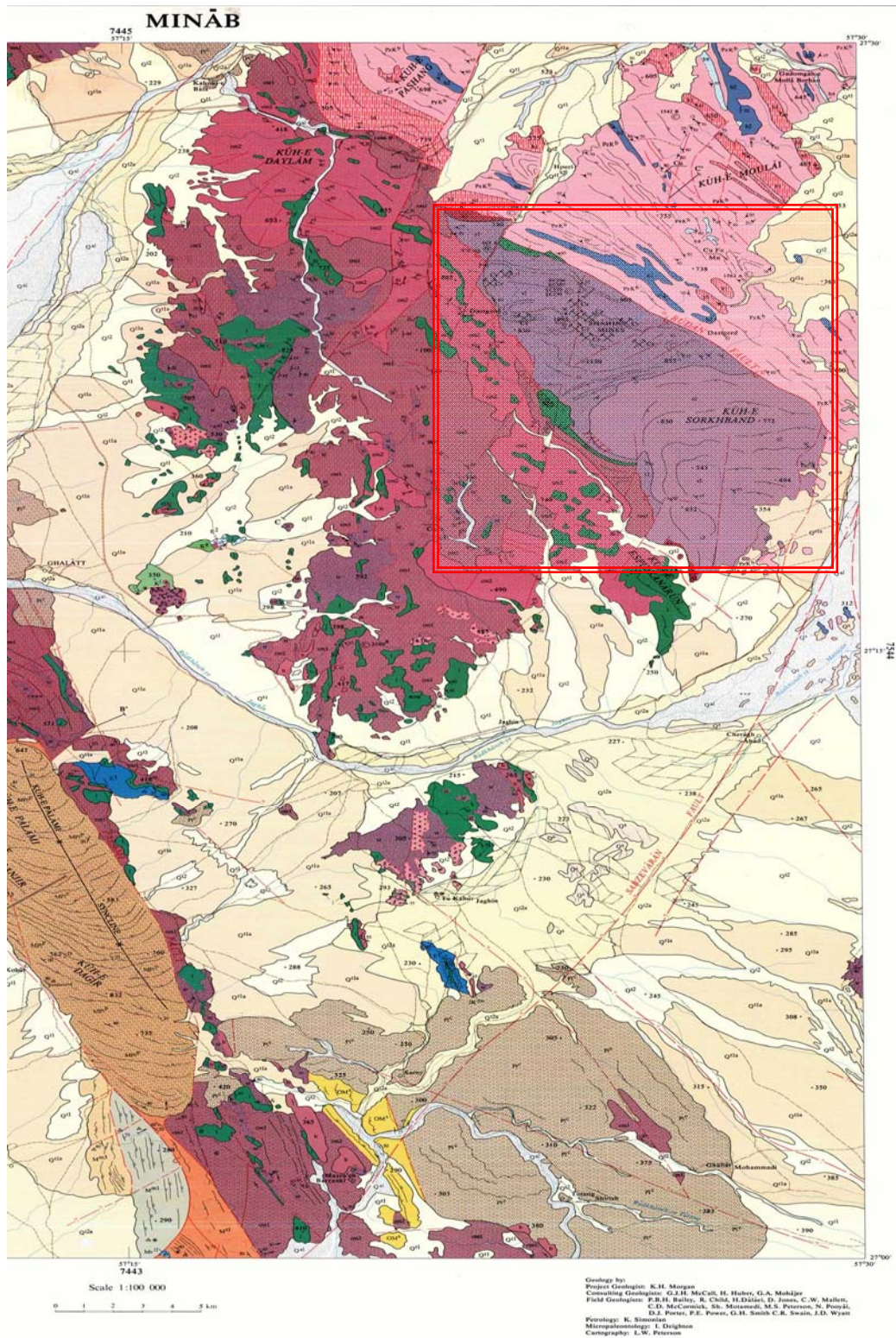
تغذیه سفره‌ها از طریق نزولات جوی واقع در منطقه صورت می‌گیرد. با آنکه سفره آب زیرزمینی دارای قابلیت زیادی از نظر ذخیره می‌باشد ولی سطح ایستابی آنها پایین است و به خاطر این موضوع در مطالعاتی که در منطقه صورت می‌گیرد، محیط خشک و یا با درصد رطوبت پایین در نظر گرفته می‌شود. ضریب نفوذپذیری در بخشهای شمالی محدوده معدن بیشتر است و جهت جریان آب تماماً از بخشهای جنوبی به سمت شمال، شمال غرب و شمال شرق است.

جدول ۲-۶- بارندگی سالانه و نوسانات دما در دو منطقه میناب و کهنوج [گزارشات موجود در شرکت فاریاب، ۱۳۸۷].

ماه	بارندگی (میلیمتر)		دما (درجه سانتیگراد)	
	کهنوج	میناب	Max	Min
Jan	۳۴/۳	۸۲	۲۳/۵	۱۳
Feb	۵۵/۳	۴۸/۲	۲۴/۳	۱۴/۲
Mar	۲۴/۰	۱۹/۸	۲۹/۳	۱۷/۸
April	۲/۰	۵/۹	۳۳/۳	۲۰/۸
May	۱/۱	۰	۳۳/۳	۲۴/۸
June	۰	۰	۴۱/۱	۲۷/۸
July	۳/۶	۰	۴۰/۳	۲۹/۵
Aug	۳/۳	۱/۱	۳۹/۹	۲۶/۸
Sep	۲/۱	۰	۳۸/۱	۲۶/۸
Oct	۰	۱/۰	۳۶/۳	۲۳/۵
Nov	۳/۲	۹/۷	۳۰/۹	۱۸/۹
Dec	۱۲/۸	۱۳/۴	۳۰/۰	۱۴/۸

۲-۷- وضعیت زمین شناسی منطقه

توده و منطقه معدنی فاریاب یک کمپلکس افیولیتی است که به کمپلکس سرخ‌بند معروف است و در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ نقشه زمین‌شناسی میناب مشخص است (به شکل ۲-۵ نگاه کنید)، از همه جوانب دارای مرزهای گسله با اطراف می‌باشد، این کمپلکس از طرف شمال‌شرق و شرق با کمپلکس دگرگونی بابگان به توسط گسل دستگرد دارای کنتاکت تکتونیکی و از طرف جنوب غربی و غرب از طریق گسل رودان دارای کنتاکت تکتونیکی می‌باشد. کمپلکس افیولیتی سرخ‌بند بزرگترین توده اولترابازیک موجود در منطقه است. در این منطقه اولترابازیکهای سرپاتینیستی (دونیت، هارزبورژیت، لرزولیت، وبستریت و کلینوپروکسنیت) بسیار متداول هستند. از نظر لیتولوژی، سنگهای اولترابازیک این منطقه به دو بخش تقسیم می‌شوند: بخش شمالی که گسترش خوبی دارد، تکرار لایه بندی این بخش شامل دونیت، پیروکسنیت و پریدوتیت می‌باشد؛ بخش جنوبی از سنگهای اولترابازیک یکنواخت تشکیل شده که خواص و ویژگیهای زمین‌شناسی و سنگ شناسی نسبتاً ساده‌ای را داراست. اساساً توده‌های اولترابازیک سرخ‌بند یک واحد ساختاری از سنگهای نفوذی مانند پریدوتیتها است که از تبلور ماگما در مکانی دیگر ایجاد شده و سپس در اثر نیروهای مکانیکی به محل کنونی منتقل شده است.



شکل ۲-۵- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ میناب (محدود توده اولترابازیک سرخ‌بند در نقشه مشخص است).

L E G E N D



واحدهای آذرین درونی بطور مکانیکی جایگزین شده اولترابازیک سرخ بند اولترابازیک‌های سرخ بند

- گابرو.
- دونیت با لایه بندی ضعیف، هارزبورگیت و کلیتوپیر و گسٹیت.
- دونیت با لایه بندی خوب، پیروکسٹیت، هارزبورگیت، ویستریت، ولریت و کرومیت.
- اولترابازیک‌های رودان
- هارزبورگیت همراه با مقداری ویستریت و دونیت سریانتینیزه شده.

ادامه شکل ۲-۵- راهنمای نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ میناب.

دونیت و پیروکسنیت از خانواده پریدوتیتها می‌باشند و سنگهای تمام بلورینی هستند که از کانیهای فرومنیزین (الیوین، پیروکسن) تشکیل شده‌اند. پیروکسنیت غالباً از کانی پیروکسن تشکیل یافته است. ضمن سرپانتینیزاسیون سنگ قبل از همه، اولیوین و بعد پیروکسنها متأثر می‌شود و به این جهت دونیت شدیدتر از پیروکسنیتها سرپانتینیزه می‌شود. در منطقه می‌توان دونیت‌های سرپانتینی شده با درجات متفاوت با رنگهای زرد مایل به قهوه‌ای، قهوه‌ای، قهوه‌ای تیره و سبز را مشاهده کرد. درباره اصل و منشأ کانسارهای کرومیت باید گفت که کانسارهای اولیه کرومیت از نوع ماگماتیک (تشکیل شده در داخل توده آذرین) بوده و در داخل سنگهای بازیک و اولترابازیک مانند دونیت، پیروکسنیت و نوریت دیده می‌شود.

هر قدر مقدار الیوین در سنگ بیشتر شود به همان اندازه مقدار Cr_2O_3 در ترکیب کرومیت بالاتر می‌شود. کانسارهای کرومیت اشکال مختلفی دارند. بعضی اوقات بصورت عدسی‌های نامنظم در می‌آیند که از سنگهای مجاور کاملاً متمایزند؛ در برخی موارد به صورت رشته‌های کاملاً منظم در می‌آیند و یا اینکه به صورت رگه‌های لوله‌مانند در می‌آیند. اکثراً الیوینهای موجود در داخل کرومیت به سرپانتین تبدیل می‌شود که در معدن فاریاب قابل رؤیت است. کانسنگ کرومیت را از لحاظ مقدار Cr_2O_3 به درجات زیر تقسیم می‌کنند:

کرومیت درجه یک که مقدار Cr_2O_3 آن بیشتر از ۴۸ درصد است.

کرومیت درجه دو که مقدار Cr_2O_3 آن بین ۴۲ تا ۴۸ درصد است.

کرومیت درجه سه که مقدار Cr_2O_3 آن کمتر از ۴۲ درصد است.

۲-۸- سن تشکیل مجموعه سنگهای منطقه

همانطور که در راهنمای نقشه زمین‌شناسی (شکل ۲-۵) مشخص است سن تشکیل کمپلکس افیولیتی سرخ‌بند در بازه ژوراسیک پایینی تا کرتاسه بالایی (حدود ۶۵ تا ۴۵ میلیون سال قبل) تخمین زده می‌شود. بدین صورت که پس از ایجاد جریان افیولیت‌زایی و نهایتاً بوجود آمدن سنگهای بازیک و اولترابازیک حاصل از انشقاق جبهه مانند پریدوتیتها که شامل دونیت، سرپانتینیت، ورزلیت و هارزبورژیت در این منطقه می‌شوند که بوسیله سنگهای اسیدی‌تر و جوان‌تری (از انواع گابرو و دیوریت) قطع می‌شود.

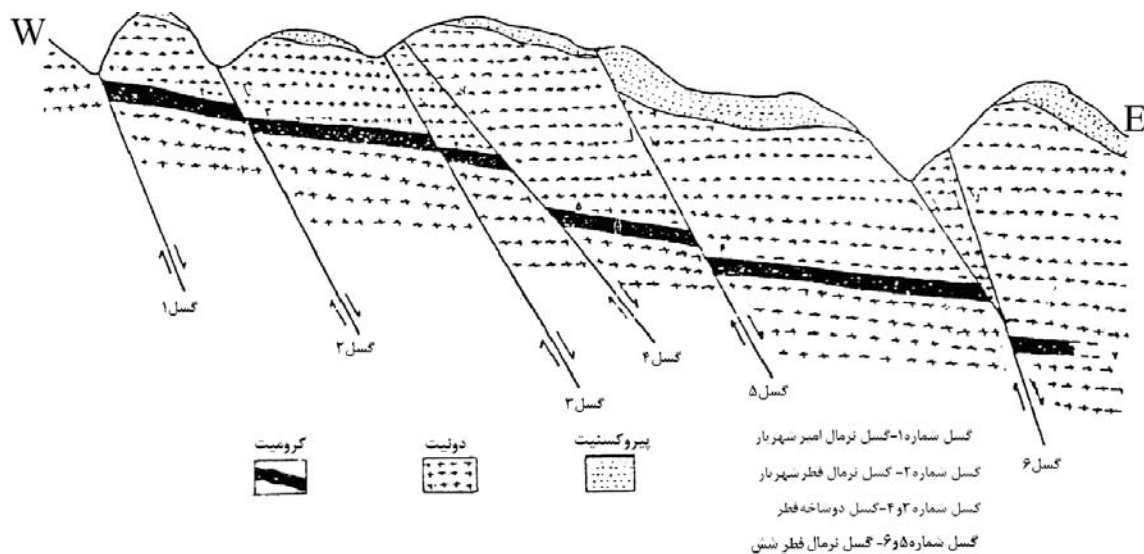
علاوه بر آن این زون از یک سری واحدهای سنگی ژوراسیک تا کرتاسه زیرین با رخساره‌های سنگی کنگلومرا، ماسه سنگ در قاعده سکانس و گدازه‌ای اکثراً بازالتی که شدیداً آلتزه شده، مقداری چرت، شیل توف و داسیت تشکیل گردیده است که این واحد ولکانیکی در قسمت بالا به وسیله رخساره فلیش به سن ژوراسیک و در بالا به وسیله سنگ آهکهای کالپیونلا دار با سن ژوراسیک بالا و کرتاسه زیرین پوشیده می‌شوند.

۲-۹- وضعیت تکتونیکی منطقه

پس از جانیشینی افیولیت‌های سرخ‌بند در طی فاز کوهزایی (لارامید) که اثرات آن در مکران با شدت و ضعف نسبی در همه جا به چشم می‌خورد و همچنین حرکات متعدد کوهزایی دیگر در منطقه باعث ایجاد دو گسل مهم به نامهای گسل رودان و دستگرد و همچنین گسل‌های فرعی با امتداد شمالی- جنوبی مانند امیر-شهریار و گسل‌های شرقی معدن روباز نعمت شده است. اولترابازیک‌های سرخ‌بند بین دو گسل رودان و دستگرد محدود شده است.

گسل رودان گسلی است تراستی که امتداد کلی آن شمال غرب- جنوب شرق می‌باشد، که می‌توان آنرا هم‌روند گسل تراستی زاگرس خواند. همچنین این گسل دارای زون خرد شده می‌باشد که در محل

خردشدگی دگرسانی شدید واحدهای اولترابازیک ملاحظه می‌شود. این گسل در چند نقطه توسط گسل‌های شمالی - جنوبی قطع گردیده است. گسل دستگرد نیز یک گسل تراستی است که واحد افیولیتی را روی اولترابازیک رانده است و ضمناً در مقایسه با گسل رودان کمتر دچار قطع‌شدگی توسط گسل‌های شمالی-جنوبی شده است. گسل‌های فرعی منطقه را تقریباً می‌توان به چهار دسته تقسیم کرد: گسل‌های شرقی - غربی، که گسل‌هایی هستند نرمال و چپ‌گرد، گسل‌های شمالی-جنوبی که معمولاً گسل‌های نرمال و راستگرد هستند، گسل‌های شمال شرقی - جنوب غربی که نرمال و راستگرد هستند و گسل‌های شمال غربی - جنوب شرقی که نرمال و چپگرد هستند. در شکل ۲-۶ مقطع شماتیک از کانسار کرومیت و عمده سنگ‌های در برگیرنده آن و گسل‌های فرعی در منطقه فاریاب نشان داده شده است.



شکل ۲-۶- مقطع شماتیک از کانسار کرومیت و عمده سنگ‌های در برگیرنده آن و گسل‌های فرعی در منطقه فاریاب.

همانطور که در شکل ۲-۶ ملاحظه می‌شود اکثر گسل‌های فرعی موجود در اطراف معدن (گسل امیر-شهریار، گسل دو شاخ) امتداد شمالی - جنوبی داشته و در جهت شرق شیب دارند.



شکل ۲-۷- تصویر لایه بندی دونیت و پیروکسنیت در منطقه.



شکل ۲-۸- روند کرومیت در معدن عزت.

فصل سوم:

معرفی روش فابریک مغناطیسی

۳-۱- مقدمه

به منظور شناخت مکانیزم جایگزینی توده‌های نفوذی از یک سری روشهای قدیمی یا سنتی (نظیر مولیه^۱، ۱۹۸۴؛ پانوزو- هیلبرونر^۲، ۱۹۹۲؛ الارد^۳ و بن^۴، ۱۹۸۹؛ لونو^۵ و همکاران، ۱۹۹۰) و جدید (نظیر بوشه^۶، ۱۹۹۷؛ البویه^۷ و همکاران، ۱۹۹۷؛ ...) استفاده می‌شود. اندازه‌گیری ساختهای ماکروسکوپی و میکروسکوپی نظیر فولیاسیون (*Foliation*) و لیناسیون (*Lineation*) سنگها را می‌توان مستقیماً در صحرا و یا به کمک نمونه‌های جهت‌دار در آزمایشگاه انجام داد. نقشه‌های ساختاری توده‌های نفوذی، در درک و فهم چگونگی جایگزینی ماگماهای سازنده‌شان و دگرشکلی مغناطیس‌زدایی شده بر آنها، کمک شایان توجهی به ما می‌کند. اندازه‌گیری فابریکهای ماگمایی ابتدا توسط روشهای سنتی انجام گرفت. اندازه‌گیری فابریک به روش سنتی معمولاً بر پایه مشاهدات و اندازه‌گیری عناصر ساختاری از جمله فولیاسیون و لیناسیون ماگمایی استوار است. در مواردی که رخنمون خوبی از سنگها وجود نداشته باشد و یا فابریکهای ماگمایی ضعیف باشند، اندازه‌گیری عناصر ساختاری کاری سخت و وقتگیر است و در ضمن ارتباط دادن نتایج اندازه‌گیریها، در نقاط متعدد مشکل می‌باشد. اندازه‌گیریهای ساختاری کلاسیک یا سنتی به وسیله بررسی یا تخمین چشمی (*Visual estimation*)، میانگین جهت‌یافتگی شاخصهای منفرد و منحصر به فرد، نظیر بلورهای بیوتیت یا فلدسپارها، صورت می‌گیرد. این امر بر روی مقاطع مختلف سنگهای رخنمون‌یافته

¹ - Mollier

² - Panozzo- Heillbronner

³ - Allard

⁴ - Benn

⁵ - Launeau

⁶ - Bouchez

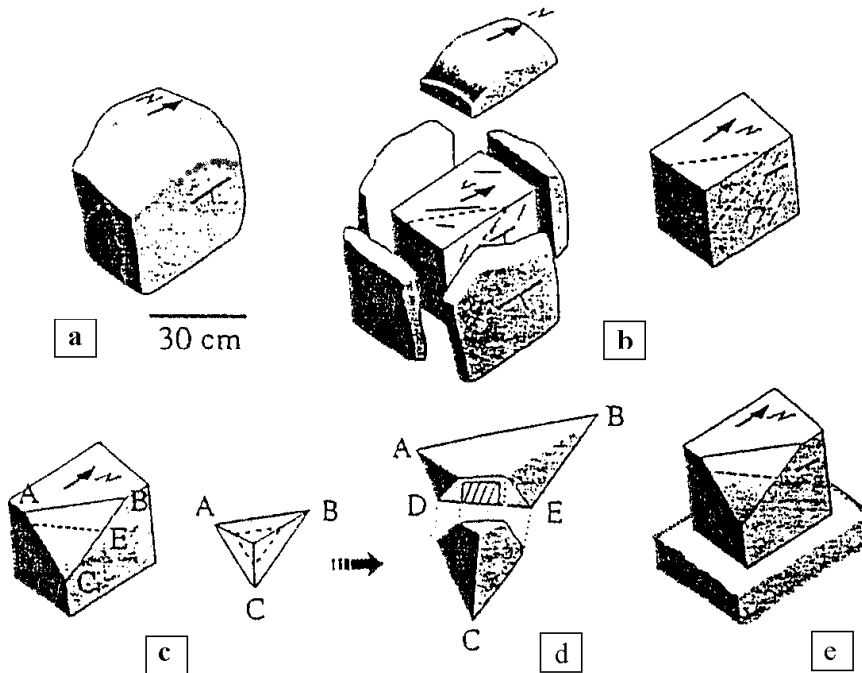
⁷ - Olivier

انجام می‌شود. از آنجایی که این روش وقتگیر است و بعضی اوقات نیز داده‌های نادرستی عرضه می‌کند، بنابراین، روشهای مزبور برای مطالعات دقیق مناسب نیستند، به ویژه اگر بافت سنگ نامشخص باشد و یا اینکه شاخصهای طویل (یا طویل‌شدگی) نظیر بلورهای پتاسیم فلدسپار وجود نداشته باشند.

به همین خاطر ترجیح داده می‌شود که در روی زمین، نمونه جهت‌دار برداشت گردد و به کمک روشهای آماری (شمارشی) در چندین برش یا مقطع نازک، عناصر ساختاری مورد نظر اندازه‌گیری شوند. برای مثال، مولیه (۱۹۸۴) برای تعیین نقشه‌های ساختاری کمپلکس گرانیتهی سن بریم^۱، سن سیلوستر^۲، گوساد^۳ و لیموزن^۴ روشی را مطرح نمود که در شکل ۳-۱ نشان داده شده است و به اختصار در اینجا تشریح می‌گردد. ۱- نمونه ای جهت‌دار به شکل مکعب یا مکعب مستطیل به ابعاد تقریبی ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر برداشت می‌گردد؛ ۲- به منظور تعیین آثار فولیاسیون (خطوط ناپیوسته)، نمونه در کلیه جهات برش داده می‌شود؛ ۳- به منظور تعیین لیناسیون، قطعه جدا شده به موازات فولیاسیون برش داده می‌شود؛ ۴- از سنگ جدا شده یک پلاک برای بدست آوردن مقطع نازک تهیه می‌گردد (به موازات لیناسیون و عمود بر فولیاسیون)؛ ۵- نمونه بر روی یک پایه یا مدل رسی (نظیر خمیر مجسمه سازی)، با توجه به موقعیت جغرافیای اولیه خود توجیه می‌گردد و مشخصات لیناسیون و فولیاسیون مشخص شده بر روی آن اندازه‌گیری می‌شود. این روش مستلزم حمل مقدار زیادی سنگ به آزمایشگاه می‌باشد و در ضمن کاری سخت و وقتگیر است. همچنین به کمک مقاطع میکروسکوپی جهت‌دار و استفاده از میکروسکوپ *Universal-Stage* می‌توان فابریکهای مورد نظر را در مقیاس میکروسکوپی و نمونه‌های کوچک به طور مفصل مطالعه نمود [پونس^۵، ۱۹۷۰؛ بوشه و همکاران، ۱۹۸۱]. این روش اندازه‌گیری دانه به دانه (*grain-by-grain*) بسیار وقتگیر است و نمی‌توان به راحتی و به طور منظم، آن را در مورد کل توده

¹- Saint Brame
²- Saint Silvestre
³- Goussaud
⁴- Limousin
⁵- Pounes

نفوذی تعمیم و انجام داد. در نتیجه، علیرغم اینکه توده‌های نفوذی گرانیتی متعددی به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، ولی به دلیل مشکلات مذکور تنها تعداد معدودی از آنها از لحاظ ساختار داخلی و ساختهای میکروسکوپی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.



شکل ۳-۱- اندازه‌گیری فابریک‌های ماگمایی مزوسکوپی به روش سنتی در گرانیتها [مولیه، ۱۹۸۴]. (a) نمونه جهت‌دار نمونه‌برداری شده در صحرا، (b) برش نمونه به منظور تعیین یا شناخت آثار فولیاسیون (خطوط ناپیوسته)، (c) برش نمونه به موازات فولیاسیون به منظور تعیین لیناسیون، (d) تهیه مقطع نازک (از نمونه تهیه شده به موازات لیناسیون و عمود بر فولیاسیون). (e) اندازه‌گیری مشخصات لیناسیون و فولیاسیون با توجه به موقعیت جغرافیایی اولیه خود با قرار دادن نمونه بر روی یک پایه یا مدل رسی (نظیر خمیر مجسمه سازی).

۳-۲- روش جدید (روش تعیین فابریکهای مغناطیسی)

۳-۲-۱- فابریک مغناطیسی سنگها

ساختار منظم ذرات بنیادی در بلور بدین معناست که ویژگیهای مغناطیسی کانی به جهت میدان مغناطیسی نسبت به محورهای کریستالوگرافیک آن بستگی دارد. از اینرو بلورها اصولاً از لحاظ مغناطیسی ناهمسانگردند. به علاوه، برخی کانیها جهت مغناطیس‌شدگی آسان (جهتی که ذرات میل دارند به این

سمت سوق یابند) دارند که به شکل ذرات آنها بستگی دارد. متعاقباً، ناهمسانگردی مغناطیسی یک سنگ به ناهمسانگردی تک تک ذرات کانیها و ترتیب فضایی آنها بستگی دارد. اگر ذرات، حتی اگر شدیداً ناهمسانگرد باشند، در صورتیکه درون سنگ به طور تصادفی توزیع شده باشند، سنگ ناهمسانگرد نیست یا خیلی کم ناهمسانگرد است؛ اگر ذرات بر طبق جهت‌گیری ترجیحی ردیف شده باشند، در آنجا سنگ به طور کلی ناهمسانگرد است. مهمترین کاربرد زمین‌شناسی اندازه‌گیریهای ناهمسانگردی مغناطیسی، مطالعه پتروفابریک است. با شناختن کانیهای سنگ و مشخصات ناهمسانگردی مغناطیسی آنها، تعیین توزیع فضایی ذرات که از عمل کردن نیروهای گوناگون در زمان تشکیل سنگ حاصل می‌شود، امکان پذیر می‌گردد. نسبت به دیگر روشهای آنالیز پتروفابریک، ناهمسانگردی مغناطیسی دارای مزیت‌های قابل توجهی است که عبارتند از: قدرت وضوح بسیار بالا، سرعت عمل بالا، به صرفه بودن از لحاظ هزینه و مهمتر از همه این موارد اینکه، این روش می‌تواند به طور سیستماتیک روی همه رخنمون‌ها اجرا شود. برای مثال، تعیین جریانهای دیرینه (*paleocurrents*) در زمینه مشاهدات صحرائی، نیاز به یافتن ساختارهای مزوسکوپیک مانند قالبهای قاشقی‌شکل که همیشه حضور ندارند یا به سادگی یافت نمی‌شوند است؛ از سوی دیگر، ترتیب ذرات در هر نمونه برگرفته شده از رخنمون، به آسانی می‌تواند از لحاظ مغناطیسی تعیین شود.

۳-۳- ناهمسانگردی مغناطیسی

همه ویژگیهای مغناطیسی بر طبق جهت تغییر می‌کند و بنابراین انواع گوناگون ناهمسانگردی وجود دارد. به طور خلاصه، می‌توان بین ناهمسانگردی حساسیت مغناطیسی (AMS) و ناهمسانگردی مغناطیس باقیمانده (AIRM)، ناهمسانگردی مغناطیس دائمی ایزوترمال¹ (AARM)، ناهمسانگردی مغناطیس

¹ - anisotropy of isothermal remanent magnetization

دائمی غیر پسماند^۱ و... تمایز قائل شد. ما عمدتاً AMS را به کار می‌بریم که کاربردهای آن در زمین-شناسی مشهودتر است. رابطه اصلی بین مغناطیس القائی و میدان خارجی اعمال شده برای کانیهای دیامغناطیس رابطه‌ای خطی است (رابطه ۱-۳).

$$J_i = \kappa H \quad \text{رابطه ۱-۳}$$

در صورتی که میدان H شدت پائین باشد این رابطه برای کانیهای پارامغناطیس و فرومغناطیس هم خطی است. تا زمانی که میدان زمین برابر با $F < 70 \mu T$ یا $H_E < 55 A m^{-1}$ ، باشد تقریب خطی برای مطالعات زمین شناسی معتبر است و ما می‌توانیم مطالعات خود را به ناهمسانگردی حساسیت مغناطیسی شدت پایین محدود کنیم. در مورد یک ماده همگن، حساسیت مغناطیسی توسط یک ثابت منفرد k در رابطه ۳-۱ نمایش داده می‌شود؛ اگر ماده ناهمگن باشد، حساسیت مغناطیسی توسط مجموعه‌ای از ثابت‌های (K_{ij}) که تشکیل دهنده یک تنسور متقارن مرتبه دوم است نشان داده می‌شود. رابطه بین J_i و H توسط معادلات ۲-۳ بیان می‌شود (از این به بعد در نوشته‌ها از J در عوض J_i استفاده می‌کنیم).

$$\text{رابطه ۲-۳} \quad \left\{ \begin{array}{l} J_1 = k_{11}H_1 + k_{12}H_2 + k_{13}H_3 \\ J_2 = k_{21}H_1 + k_{22}H_2 + k_{23}H_3 \\ J_3 = k_{31}H_1 + k_{32}H_2 + k_{33}H_3 \end{array} \right\}$$

در این معادلات با داشتن اندیسهای ۱، ۲ و ۳ ما یک سیستم مختصات کارتزین خواهیم داشت که در آن $k_{ij} = k_{ji}$. از میان همه سیستمهای مختصات کارتزین مرجع، یکی وجود دارد که بیان می‌کند مؤلفه‌های غیر قطری تنسور همدیگر را خنثی می‌کنند، بنابراین رابطه ۲-۳ به رابطه ۳-۳ ساده می‌شود:

$$\left\{ \begin{array}{l} J_1 = k_{11}H_1 \\ J_2 = k_{22}H_2 \\ J_3 = k_{33}H_3 \end{array} \right\} \quad \text{رابطه ۳-۳}$$

^۱ - anisotropy of anhysteretic remanent magnetization

k_{11} , k_{22} , k_{33} مقادیر ویژه تنسور هستند: آنها حساسیت‌های مغناطیسی اصلی نامیده می‌شوند و به طور معمول با علائم k_{max} , k_{int} , k_{min} نمایش داده می‌شوند ($k_1 > k_2 > k_3$). این تنسور توسط یک بیضوی سه محوره^۱ (شکل ۳-۲) نمایش داده می‌شود: محورها منطبق بر جهات اصلی و طول آنها با مقادیر ویژه متناسب می‌باشد. ناهمسانگردی مغناطیسی نمونه از لحاظ ترسیمی می‌تواند توسط یک بیضوی نمایش داده شود؛ مقادیر ویژه معمولاً براساس مقدار k_m متعلق به حساسیت مغناطیسی حجمی k ، نرمالیزه شده-اند. مقادیر k_1 ، k_2 و k_3 می‌توانند به شیوه‌های مختلف، برای محاسبه پارامترهایی که شکل بیضوی را تفسیر می‌کنند با هم ترکیب شوند. ساده‌ترین و متداولترین این روشها در روابط ۳-۴ بیان شده است.

$$P = k_1 / k_3 ; L = k_1 / k_2 ; F = k_2 / k_3$$

$$P_j = \exp \sqrt{\{2[(\eta_1 - \eta)^2 + (\eta_2 - \eta)^2 + (\eta_3 - \eta)^2]\}}$$

روابط ۳-۴

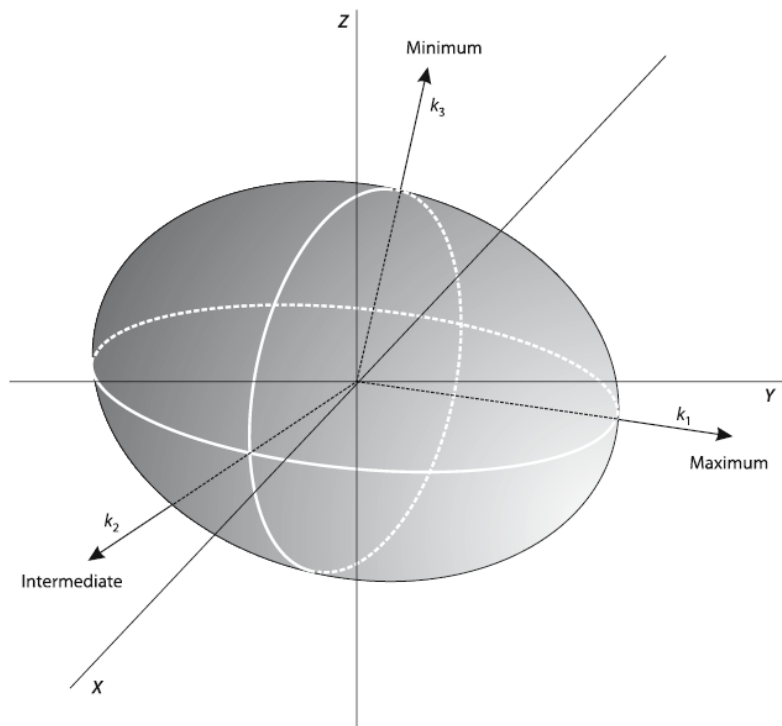
$$T = 2 \ln(k_2/k_3) / \ln(k_1/k_3) - 1 = (\ln F - \ln L) / (\ln F + \ln L)$$

که

$$\eta = (\eta_1 + \eta_2 + \eta_3) / 3 \text{ و } \eta_i = \ln k_i$$

P ، درجه ناهمسانگردی مغناطیسی تعیین شده است. در بیشتر کانیها، P دارای مقداری بین ۱ تا ۱/۷ می‌باشد. اگرچه در بعضی موارد این مقدار می‌تواند بزرگتر از ۱۰۰ نیز باشد؛ در سنگها تقریباً همیشه $P < 1/3 - 1/4$ می‌باشد. لازم به یادآوری است که مقدار P می‌تواند حدود ۱٪ خطا داشته باشد. مقدار P تصحیح شده (*Jelinek*) یا درجه ناهمسانگردی P_z در بیشتر موارد ارجح است، زیرا P_z هر سه مقدار k را دخالت می‌دهد، از اینرو P_z کاملترین اطلاعات را در اختیار ما قرار می‌دهد.

^۱ - Tri-axial ellipsoid



شکل ۳-۲- ناهمسانگردی حساسیت مغناطیسی به طور هندسی با یک بیضوی سه محوره نمایش داده شده است.

لیناسیون یا خطوراگی (L) و فولیاسون (F) یا برگوارگی شکل بیضوی را توصیف می‌کنند. به بیان ساده‌تر، برای بیضوی تحول یافته (*revolution*) (شکل ۳-۳)، L زمانیکه بیضوی دوکی شکل است ($k_1 > k_2 = k_3$) غالب می‌شود و زمانیکه بیضوی بشقابی شکل است ($k_1 = k_2 > k_3$)، F غالب است.

ارزیابی دقیقتر از شکل بیضوی توسط پارامتر شکل، T، صورت می‌گیرد. T بین منفی یک تا صفر ($-1 \leq T < 0$) معرف بیضوی دوکی شکل و T بین صفر تا یک ($0 < T \leq 1$) معرف بیضوی کلوجه‌ای شکل (بشقابی) است. شکل ۳-۴ شبیه به شکلی است که فلین^۱ در مورد زمین‌شناسی ساختمانی استفاده کرده است و آن شکل رابطه بین F، L و T را نمایش می‌دهد. واژه‌های فولیاسیون و لیناسیون معنای هندسی هم دارند. لیناسیون متعلق به جهت k_1 و فولیاسیون متعلق به صفحه‌ای است که بر اساس k_1 و k_2 تعریف می‌-

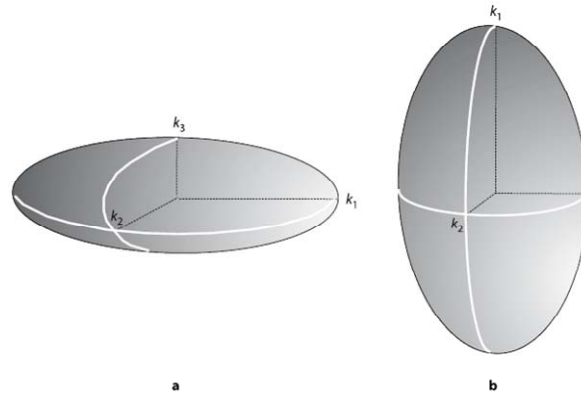
^۱ - Flinn

شود و از اینرو عمود بر k_3 است. داده‌های جهتی AMS معمولاً به صورت تصویر استریوگرافیک¹ نمایش داده می‌شود؛ که با محورهای سرو کار دارد. در کاربردهای زمین‌شناسی ساختمانی، تصویر براساس نیم کره پایینی (*lower hemisphere*) است. بر اساس قرارداد متعارف، جهات اساسی k_1 ، k_2 و k_3 بترتیب توسط سه شکل مربع، مثلث و دایره نشان داده می‌شود. با بررسی گروهی از نمونه‌های گرفته شده از رخنمون مشابه، دریافتیم که اگر فابریک سنگ ورقه‌ای باشد محورهای K_3 گروه‌بندی یا اجتماع خوبی را نشان می‌دهند، در حالیکه k_1 و k_2 کمترین پراکندگی را در طول یک شبکه درون صفحه فولیاسیون دارند (شکل ۳-۵-۳). اگر لیناسیون غالب باشد، محورهای k_1 گروه‌بندی می‌شوند (شکل ۳-۵-۳) و فولیاسیون پیوسته وجود ندارد؛ اگر هم لیناسیون و هم فولیاسیون خوب توسعه یافته باشند، هر سه جهت k تشکیل یک فرم نسبتاً خوشه مانند را می‌دهند (شکل ۳-۵-۳). تحلیل آماری داده AMS توسط مجموعه‌ای از اجزای مختلف به وجود می‌آید، با ذکر این نکته که حساسیت مغناطیسی یک تنسور می‌باشد. روشهای گوناگونی برای تحلیل آماری پیشنهاد شده که ساده‌ترین آنها مؤلفه‌های k_{ij} تنسور میانگین را که متعلق به میانگین N مؤلفه k_{ij} از تنسورهای تک تک نرمالیزه شده است، محاسبه می‌کند.

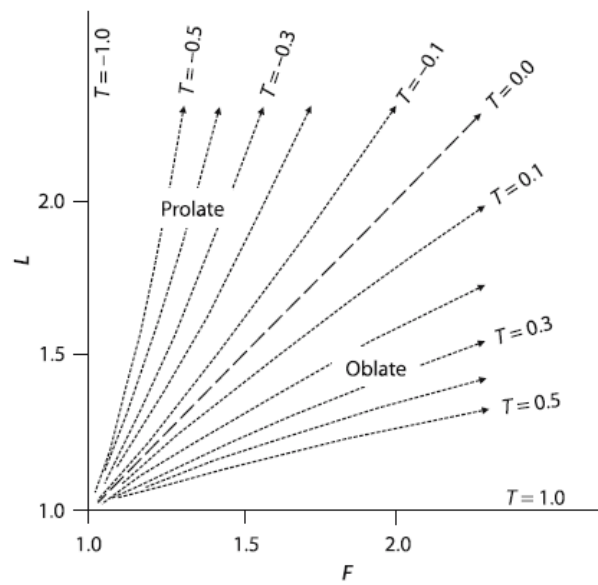
$$K_{ij} = \Sigma(k_{ij}) / N \quad \text{رابطه ۳-۵}$$

به هر حال، اگر AMS از انطباق فابریکهای با منشاءهای متفاوت و جهات مختلف حاصل شود، آنگاه توزیع دارای مدل واحد نیست و میانگین مقادیر خیلی معنی‌دار نیستند؛ دیاگرام کنتوری جهات اصلی می‌تواند در یک مدل نیمه کمی به طور معنی‌داری آشکار شود. این مسئله ما را مجاب می‌کند تا داده AMS را به طور کامل بررسی کنیم.

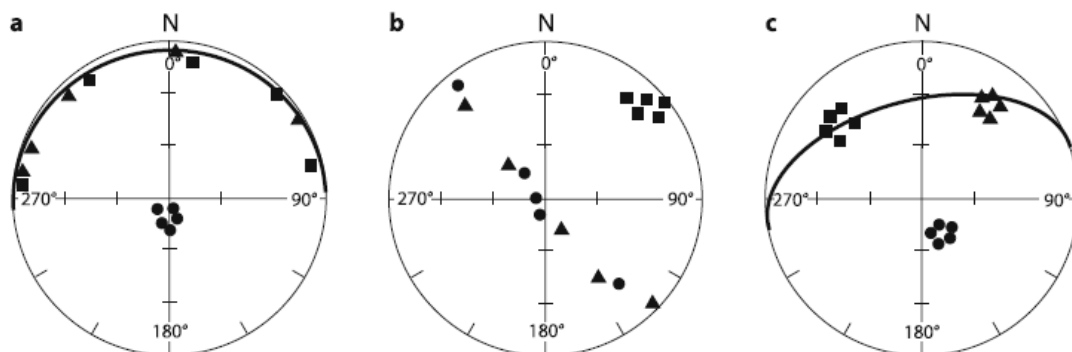
¹ - stereographic projection



شکل ۳-۳- بیضوی های AMS؛ a بشقابی شکل (فابریک صفحه‌ای)؛ b دوکی شکل (فابریک خطی) [اقتباس از تارلینگ و هرودا، ۱۹۹۳].



شکل ۳-۴- پارامتر T به عنوان تابعی از لیناسیون (L) و فولیاسیون (F). فلشهای نقطه ای به طرف داخل افزایش درجه ناهمسانگردی مغناطیسی (P) را نشان می دهند [اقتباس از تارلینگ و هرودا، ۱۹۹۳].

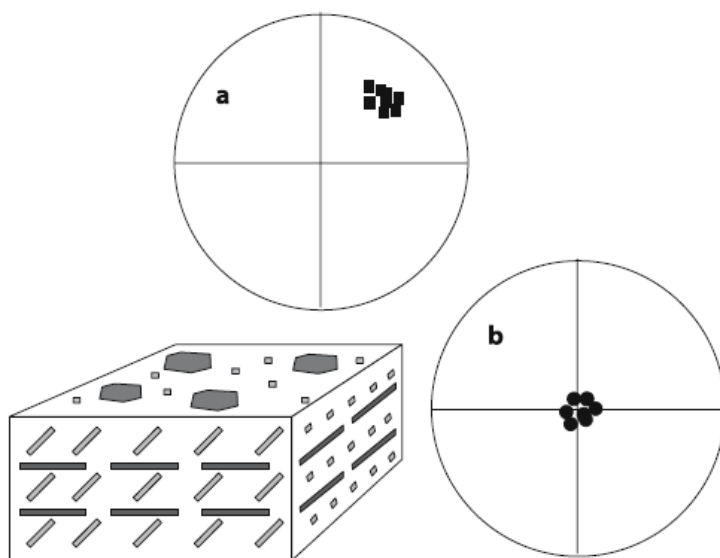


شکل ۳-۵- تصاویر استریوگرافیک هم- مساحت نشان دهنده جهات حساسیت مغناطیسی اصلی در انواع گوناگون از فابریکهای مغناطیسی. علائم: مربع = k_1 ، مثلث = k_2 ، دایره = k_3 ؛ دایره بزرگ = فولیاسیون؛ محورهای k_3 خوب دسته‌بندی شده، محورهای k_1 خوب دسته‌بندی شده، لیناسیون به خوبی گسترش یافته یا به عبارتی فابریک خطیست؛ c همه محورها به خوبی دسته بندی شده اند، هم فولیاسیون و هم لیناسیون به خوبی گسترش یافته‌اند.

NRM یا همان مغناطیس دائمی یک سنگ می‌تواند از چند بخش تشکیل شود که در هر بخش مجموعه ذرات توسط ترکیب شیمیایی، وضعیت حوزه‌های مغناطیسی و غیره جدا می‌شوند. یکی از مهمترین مراحل در هر مطالعه دیرینه مغناطیس، شناسایی و جداسازی اجزای گوناگون می‌باشد. در بررسی AMS وضعیت مشابه NRM است، ولی همراه با بیشترین پیچیدگیها. مادامیکه NRM تنها توسط کانیهای فرومغناطیس به وجود آمده باشد، همه کانیها در ناهمسانگردی حساسیت مغناطیسی یک سنگ دخالت دارند. AMS کانیهای فرومغناطیس معمولاً از AMS ماتریکس (زمینه) پارامغناطیس یا دیامغناطیس متمایز است. اگر حضور کانیهای فرومغناطیس متجاوز از ۱٪ باشد ($3000-4000 \mu SI < k$)، آنوقت AMS میدان شدت پایین، بطور ذاتی تحت تأثیر ماتریکس نیست (به شکل ۳-۶ نگاه کنید)، ولی اگر $500 \mu SI < k$ باشد، تأثیر ماتریکس به خوبی مشاهده می‌شود. برای مقادیر حدواسط، ممکن است لازم باشد تا دو جزء ماتریکس و غیر آن را توسط اعمال میدان شدت بالا برای اندازه‌گیریهای AMS جدا کنیم. میدان شدت بالا، سیگنال به‌وجودآمده توسط کانیهای فرومغناطیس را اشباع می‌کند، از اینرو این سیگنال از سیگنال به وجود آمده توسط کانیهای دیامغناطیس و پارامغناطیس قابل تمایز است که در عوض

سیگنال اولیه، به صورت تابعی از H تغییر می‌کند. آنالیز فابریک مغناطیسی غالباً در مورد سنگهای حاوی مگنتیت، هماتیت، بیوتیت یا کلریت استفاده می‌شود. هماتیت، به همراه پیروتیت آنیزوتروپ‌ترین کانیه‌ها هستند، $p > 100$. ناهمسانگردی مغناطیسی آنها به سبب فعل و انفعالات نیروهای شبکه‌ای¹ و اسپین الکترونها، مگنتو- کریستالین است: جهت مغناطیس آسان (k_1) در صفحه لایه‌بندی قرار می‌گیرد و جهت مغناطیس سخت (k_3) عمود بر آن است. متشابهاً، در مورد بیوتیت و بیشتر فیلوسیلیکاتها، جهات k_1 و k_3 بترتیب موازی و قائم به صفحه کلیواژ هستند، ولی درجه ناهمسانگردی کوچکتر است ($p < 1/35$) برای بیوتیت و $1/7 < p < 1/2$ برای کلریت). بیضوی حساسیت مغناطیسی همه این کانیه‌ها کلوچه‌ای شکل است. در عوض، بیضوی حساسیت مغناطیسی مگنتیت دوکی شکل است. وجود ناهمسانگردی مغناطیس باقیمانده عمدتاً به خاطر این واقعیت است که میدان مغناطیس‌زدایی یک ذره صرفنظر از نوع حوزه، در جهت درازا کوچکترین شدت را دارد و در جهت متقاطع بیشترین شدت را داراست. ناهمسانگردی مغناطیسی بیشتر سنگها عمدتاً به سبب ناهمسانگردی مغناطیسی ذرات است. حتی ذرات ایزوتروپ (همسانگرد)، مانند مگنتیت ایدیومورفیک (شکل‌دار)، در صورتیکه ذرات به حدکافی برای واکنش با یکدیگر نزدیک هم باشند، می‌توانند ایجاد یک AMS کنند که ناهمسانگردی توزیع نامیده می‌شود.

¹ - reticular



شکل ۳-۶- طرح شماتیک از رابطه بین کانی‌شناسی و فابریک. مگنتیت (ذرات میله‌ای شکل، خاکستری روشن) یک لیناسیون a را تعریف می‌کنند، بیوتیت (ذرات بشقابی شکل، خاکستری تیره) فولیاسیون را تعریف می‌کنند. b. اگر مقدار مگنتیت از ۱/۰٪ بیشتر باشد، فابریک مغناطیسی خطی است؛ اگر هیچ مگنتیتی وجود نداشته باشد، فابریک مغناطیسی صفحه‌ای است. اگر مقدار مگنتیت کمتر از ۱/۰٪ باشد هر دو فابریک یکی روی دیگری قرار می‌گیرد.

۳-۴- مراحل پیاده سازی روش فابریک مغناطیسی

ما در این تحقیق روش فابریک مغناطیسی را در رابطه با کرومیت و سنگ میزبان آن که دونیت است به کار برده‌ایم. نمونه‌هایی که در این روش مورد آزمایش قرار می‌گیرند، قطعاتی از مغزه‌هایی هستند که به وسیله یک ماشین حفاری کوچک قابل حمل تهیه می‌گردد (به شکل‌های ۳-۷ و ۳-۸ نگاه کنید).



شکل ۳-۷- دستگاه حفاری قابل حمل، در حین حفاری سنگ دونیتی.



شکل ۳-۸- مغزه کرومیتی بدست آمده توسط دستگاه حفاری قابل حمل.

در این روش از مته‌هایی استفاده می‌شود که قطر داخلی آن ۲۵ میلیمتر است و طول آنها به ۱۵ سانتیمتر می‌رسد و در قسمت انتهایی به سرمته‌های الماسه مجهزند. به منظور نمونه‌برداری با این دستگاه ابتدا یک محل مناسب برای حفاری انتخاب می‌گردد. سعی می‌شود این محل دارای رخنمون خوبی باشد و تا حد امکان سنگ دگرسانی کمتری را متحمل شده باشد و دارای درز و شکاف و شکستگی کمتری باشد. آنگاه به وسیله یک ماژیک ضد آب، خطی بر روی محل مورد نظر کشیده می‌شود و حفاری بر روی این خط انجام می‌گردد به طوریکه پس از حفاری بخشی از این خط بر روی قسمت فوقانی مغزه حفاری شده، باقی بماند. در واقع این خط به ما کمک می‌کند تا در صورت شکسته شدن مغزه آن را به حالت اولیه بازگردانیم. حفاری معمولاً به صورت قائم انجام می‌شود ولی در صورتیکه حفاری به صورت قائم امکان پذیر نباشد، حفاری به صورت مایل انجام می‌گردد. معمولاً سعی می‌شود حفاری تا جایی ادامه یابد که حداقل طول مفید مغزه حدود ۵ سانتیمتر باشد. وقتی حفاری تمام شد، اگر نمونه شکسته یا جابجا شده باشد به حالت اولیه بازگردانده می‌شود و در ضمن از آب و گل و لای ناشی از حفاری تمیز می‌گردد، برای این کار می‌توان از چسب‌های قطره‌ای استفاده کرد. سپس لوله مسی که در بالای آن یک صفحه پلاستیکی شفاف یا چوبی تعبیه شده است (شکل‌های ۳-۹ و ۳-۱۰)، به داخل محل حفاری فرو برده می‌شود. با چرخاندن لوله مسی، تراز موجود بر روی آن را به حالت افقی در می‌آوریم. در این حالت شیب و جهت شیب صفحه پلاستیکی یا چوبی مذکور را به وسیله کمپاس محاسبه یا قرائت می‌نماییم و به کمک یک فلش بر روی قسمت فوقانی مغزه تصویر می‌کنیم. سپس مغزه را به کمک یک نیم لوله از محل خود خارج نموده و به کمک یک نیم لوله مسی دیگر، اثر دو انتهای فلش را بر روی بدنه مغزه ترسیم می‌نماییم. در جهت نوک فلش هاشورهایی را به خط اضافه می‌کنیم به طوری که زاویه حاده بین هاشورها و خط مزبور به سمت بخش فوقانی مغزه باشد. اکنون نمونه مغزه بدست آمده یک نمونه جهت‌دار می‌باشد، شماره نمونه بر بدنه مغزه نوشته می‌شود. مختصات جغرافیایی، شیب و جهت شیب (که به فلش ارتباط

پیدا می‌کند) و یا سایر توضیحات یا توصیفات سنگی در دفترچه یادداشت می‌شود. معمولاً از هر ایستگاه حداقل دو مغزه تهیه می‌گردد، فاصله بین محل‌های حفاری شده معمولاً چندین متر می‌باشد. مغزه‌ها با حروف و اعداد انگلیسی از هم تفکیک می‌شوند (مثلاً EZ-A1 و EZ-B2)، تا بتوان از لحاظ آماری تعداد نمونه بیشتری داشت و با قاطعیت بیشتر در مورد جواب نمونه‌ها تصمیم‌گیری نمود. هر ایستگاه معرف یک تا دو کیلومتر مربع از رخنمون توده‌های نفوذی می‌باشد. البته هر چه این محدوده کمتر باشد دقت کار بیشتر خواهد بود. وقتی حفاری قائم باشد، فقط جهت شمال بر روی سطح فوقانی مغزه مشخص می‌گردد و در کنار آن حرف N یا عدد صفر نوشته می‌شود. برای مثال در دفترچه یادداشت در کنار شماره نمونه می‌نویسیم: EZ-A و 000/90.

مغزه‌های تهیه شده به کارگاه سنگبری منتقل می‌شود و هر مغزه به قطعاتی با طول ۲۲ میلیمتر برش داده می‌شود، معمولاً از هر مغزه ۲ تا ۴ قطعه^۱ بدست می‌آید. در حین برش باید توجه داشت که ترتیب قرارگیری قطعات به هم نخورد و قطعات از بالا به پائین با اندیس ۱، ۲، ۳، ۴ و... مشخص گردند (شکل‌های ۳-۱ و ۳-۱۲)، برای مثال اگر نمونه‌ای دارای برچسب EZ-A باشد، قطعات آن پس از برش با شماره‌های زیر مشخص می‌گردند: EZ-A1, EZ-A2, EZ-A3,...



شکل ۳-۹- اندازه‌گیری شیب و جهت شیب مغزه به وسیله کمپاس.

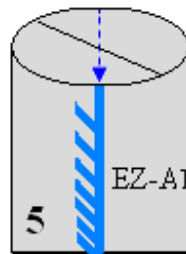
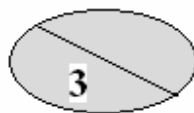
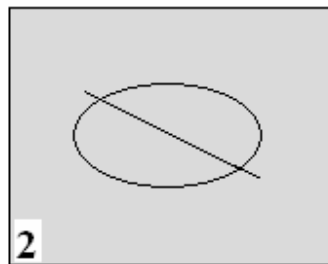
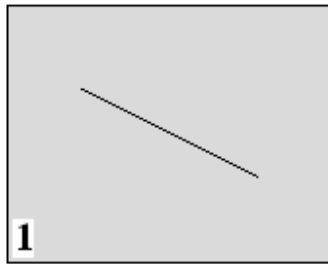
^۱ - Specimen



شکل ۳-۱۰- نحوه قرار دادن تراز مسی در محل حفاری.

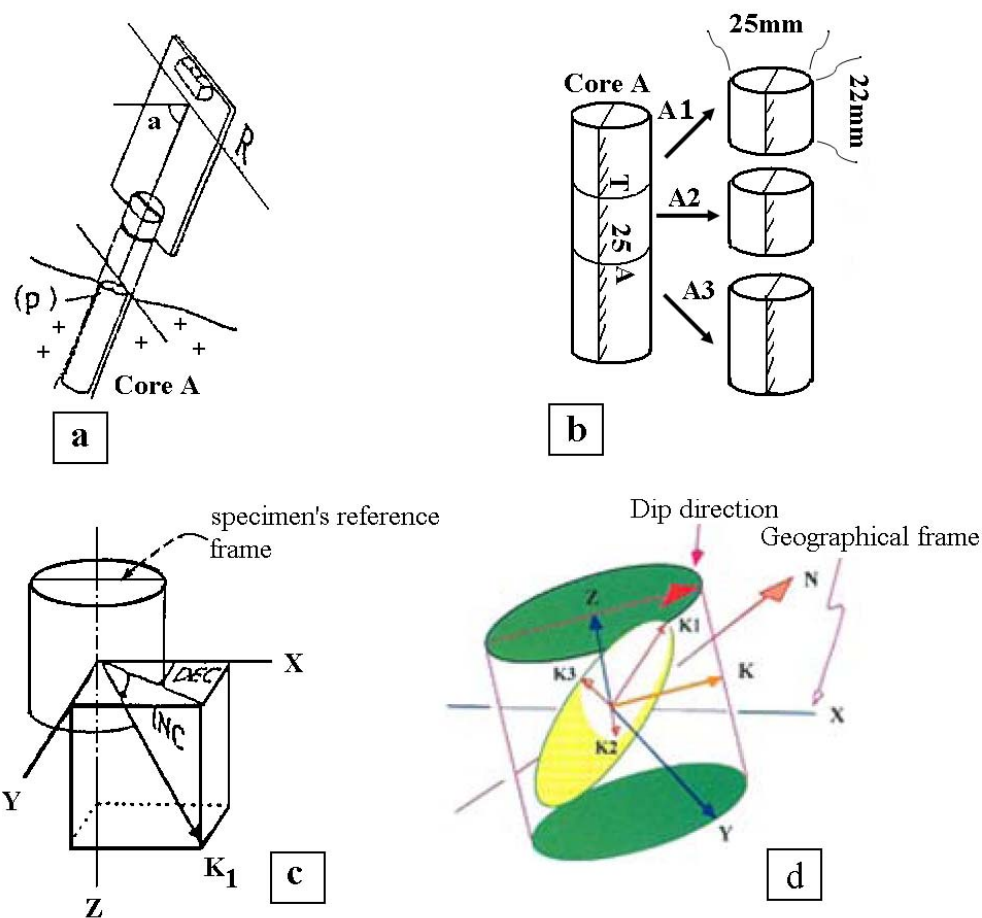


شکل ۳-۱۱- نامگذاری نمونه‌های بعد از برش مغزه



شکل ۳-۱۲- مراحل ابتدائی نمونه برداری برای تهیه مغزه. ۱- ترسیم خط مستقیم بر روی محلی که باید حفاری صورت گیرد؛ ۲- حفاری روی خط ترسیم شده بر روی زمین؛ ۳- مغزه بدست آمده از حفاری؛ ۴- مشخص ساختن جهت شیب بر روی سطح بالایی مغزه؛ ۵- ترسیم هاشور بر روی بدنه مغزه.

در شکل ۳-۱۳ مراحل تهیه نمونه برای اندازه گیری ناهمسانگردی حساسیت مغناطیسی به ترتیب نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۳- نحوه تهیه نمونه برای اندازه‌گیری ناهمسانگردی حساسیت مغناطیسی. (a) بعد از حفاری به وسیله ماشین قابل حمل، ابتدا به وسیله کمپاس و یک صفحه ترازدار کمکی جهت شیب و مقدار شیب مغزه اندازه‌گیری می‌شود و یا به عبارتی مغزه جهت‌دار تهیه می‌شود: P راستای سطحی است که با سطح صفحه تراز در یک راستا می‌باشد: $P' (= P \pm 90^\circ)$ و α به ترتیب معرف روند و مقدار شیب (پلانژ) محور مغزه می‌باشند. فلش واقع بر روی سطح فوقانی مغزه موازی معرف جهت شیب می‌باشد و با P' موازی است؛ (b) نمونه‌های A1 و A2 از مغزه A تهیه شده‌اند، همین حالت برای مغزه B هم تکرار می‌شود، بنابراین برای هر ایستگاه چهار قطعه خواهیم داشت. حجم هر مغزه $4 \times 11 \text{ cm}^3$ می‌باشد. قطعات A3 و B3 یا قطعات اضافی حاصل از برش مغزه‌ها را می‌توان برای تهیه مقطع نازک و تعیین ساختهای میکروسکوپی مورد استفاده قرار داد؛ (c) اندازه‌گیری ناهمسانگردی مغناطیسی شیب و جهت شیب هر یک از محورهای بیضوی مغناطیسی یا محورهای AMS را نسبت به محورهای نمونه نشان می‌دهد. نمودار نشان‌دهنده شیب و جهت شیب مغزه که در صحرا اندازه‌گیری شده است؛ (d) موقعیت بیضوی مغناطیسی فرضی در یک نمونه سنگی [بوشه، ۱۹۹۷].

۳-۵- خطاها

در طی مراحل انجام نمونه برداری و تهیه نمونه‌ها معمولاً خطاهایی صورت می‌گیرد که بهتر است تا سرحد امکان از بروز آنها جلوگیری کرد. برخی از اینگونه خطاها عبارتند از:

- ۱- چرخش یا خارج شدن مغزه از موقعیت اولیه خود.
- ۲- ثبت فلش معرفی شیب و جهت شیب در جهت نادرست (یا مخالف).
- ۳- ثبت نادرست هاشورهایی که بر بدنه مغزه ترسیم می‌شوند.
- ۴- عدم ثبت هاشورها بر بدنه مغزه (که بعداً پس از برش ممکن است به سردرگمی‌هایی در تعیین جهت فلش معرف شیب و جهت شیب و همچنین در تعیین بالا و پائین نمونه‌ها منجر گردد).
- ۵- ثبت نادرست شماره ایستگاه بر روی بدنه مغزه.
- ۶- ثبت نادرست اطلاعات هر ایستگاه در دفتر یادداشت صحرائی.
- ۷- ثبت نادرست موقعیت جغرافیایی هر ایستگاه به کمک GPS.
- ۸- ثبت نادرست حروف $A1, B1, \dots$ بر روی بدنه مغزه‌های متعلق به یک ایستگاه.
- ۹- بهتر است فلش مربوط به شیب و جهت شیب از مرکز مغزه عبور نماید، به طوری که فلش سطح فوقانی مغزه را به دو بخش مساوی تقسیم نماید. این مسئله در هنگام اندازه‌گیری پارامترهای فابریک مغناطیسی بسیار مهم می‌باشد و به ما کمک می‌کند تا موقعیت محورهای بیضوی مغناطیسی بدست آمده برای هر نمونه بسیار دقیق و قابل اعتماد باشد.
- ۱۰- تا حد امکان از حفاری افقی یا نزدیک به افقی پرهیز نمائیم.
- ۱۱- تا حد امکان سعی نمائیم در هنگام حفاری، محور مغزه کج نگردد، تا پس از حفاری، مغزه دارای شکل خمیده نباشد.

۱۲- تا حد امکان سعی نمائیم قطر مغزه بیشتر یا کمتر از ۲۵ میلیمتر نشود. در صورتی که قطر مغزه از ۲۵ میلیمتر بیشتر شود، جای دادن آن در محل جای نمونه، مشکل یا غیرممکن می‌شود و باید نمونه را به وسیله دستگاه برش به حد استاندارد خود رساند. همچنین اگر قطر مغزه از ۲۵ میلیمتر کمتر شود باعث می‌گردد که مغزه در جای خود تثبیت نگردد و در حین اندازه‌گیری از موقعیت خود خارج شود و چرخش کند. این امر سبب بروز خطا در اندازه‌گیری و متعاقباً در نتایج می‌شود.

۱۳- پس از انجام حفاری مغزه‌ها باید تمیز گردند و در جای تمیز نگهداری شوند و تا حد امکان از مواد دارای خاصیت مغناطیسی دور گردند.

۱۴- اشتباه دیگری که ممکن است رخ دهد جابجایی نمونه‌های یک ایستگاه با ایستگاه دیگر است. این امر نیز منجر به خطا می‌شود و بایستی سعی گردد از بروز این گونه خطاها پرهیز شود.

۱۵- اشتباه دیگری که معمولاً رخ می‌دهد از ناخوانا بودن شماره‌های نوشته شده بر روی مغزه‌ها ناشی می‌گردد، این امر باعث می‌شود تا داده‌های یک ایستگاه برای ایستگاه دیگری در نظر گرفته شود و در واقع داده‌های دو ایستگاه مخدوش شود و نهایتاً به تعبیر و تفسیر نادرست نتایج منتج گردد. پس از برش باید سعی گردد تا با توجه به خطوط و هاشورهایی که بر بدنه مغزه از قبل ترسیم شده بود، موقعیت فلش معرف شیب و جهت شیب بر روی کلیه قطعات حاصل از هر مغزه مشخص گردد. با اتصال دو سر خطوط موجود بر بدنه هر قطعه و قرار دادن فلش در سمتی که هاشور دارد این امر انجام می‌شود. در این مرحله باید نام تمامی قطعات توسط روان نویس‌های ضد آب به طور تمیز و خوانا و بر روی هر قطعه نوشته شود. معمولاً بخش انتهایی هر مغزه جهت تهیه مقطع نازک یا استفاده‌های دیگر نامگذاری و نگهداری می‌شود.

۳-۶- آماده‌سازی نمونه‌ها

پس از انجام این مراحل، کلیه قطعات باید با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال به مدت دو ساعت شستشو شوند. بدین منظور ابتدا قطعات سنگی تهیه شده در یک تشتک پلاستیکی ریخته می‌شود و با توجه به حجم و تعداد آنها اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال به آنها افزوده می‌گردد. پس از پایان دو ساعت، نمونه‌ها از ظرف مورد نظر خارج گردیده و به وسیله یک برس پلاستیکی به دقت تمیز می‌شوند. این کار باعث می‌گردد تا ذرات آهن‌دار احتمالی که در حین حفاری یا برش به نمونه‌ها اضافه شده‌اند، در اسید حل شده و در طی شستشوی نمونه‌ها از بین بروند. در این مرحله باید دقت شود که شماره‌های نمونه‌ها، در اثر واکنش با نمونه‌ها مخدوش نشوند. پس از تمیز کردن و خشک شدن، نمونه‌ها برای اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی آماده هستند.

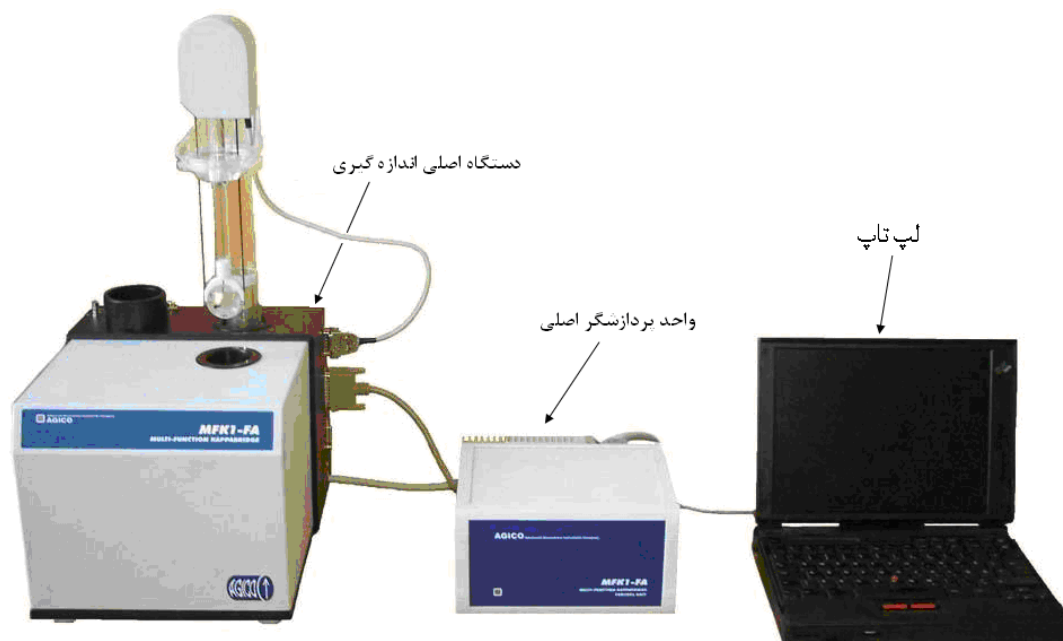
۳-۷- اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی

حساسیت مغناطیسی توسط روشهای متعدد و با استفاده از دستگاههای متعددی (نظیر KL-Y3 ، MFK1 و ...) اندازه‌گیری می‌شود. حساسیت مغناطیسی نمونه‌های مورد مطالعه در اینجا به کمک دستگاه^۱ MFK1-FA ساخت شرکت آجیکو (Agico) از کشور جمهوری چک اندازه‌گیری شده است. این دستگاه قادر است حساسیت مغناطیسی را تا حد 5×10^{-8} اندازه‌گیری کند. این دستگاه از سه بخش اصلی تشکیل شده است که عبارتند از:

۱- بخش اندازه‌گیری اصلی، ۲- واحد الکترونیکی کنترل‌کننده عملکرد بخش اصلی و ۳- یک رایانه قابل حمل (*Laptop*) که داده‌هایی نظیر شیب و جهت شیب، نام و سایر مختصات هر نمونه به آن داده می‌شود و در عین حال عملکرد دستگاه را در هر لحظه کنترل می‌نماید (شکل ۳-۱۴)، و همچنین برنامه‌های نرم

^۱ - Multi Function Kappabridge

افزایی تعبیه شده بر روی آن، محاسبات لازم را انجام داده و نهایتاً یک سری داده به ما تحویل داده می-
شود، این داده‌ها مبنای محاسبات و تعبیر و تفسیرهای بعدی قرار می‌گیرد. نمونه‌ای از نتایج به دست آمده
از این مرحله در جدول ۱-۳ عرضه گردیده است.



شکل ۳-۱۴- الف- دستگاه MFK1-FA و متعلقات آن.

بحث چگونگی عملکرد این گونه دستگاهها مفصل است، ولی به طور خلاصه، اصل بر این است که: جسم
دارای خاصیت مغناطیسی در یک سیم پیچ به چرخش در می‌آید و در واقع یک میدان مغناطیسی القایی
با شدت مغناطیسی معین (H) بر آن اعمال می‌شود و بردارهای مغناطیسی ذرات یا اجسام دارای خاصیت
مغناطیسی بستگی به شدت مغناطیسی القا شده بر آنها در یک راستا قرار می‌گیرند و در واقع به درجات
مختلف مغناطیس‌شدگی (J) با یکدیگر متناسب هستند و به کمک یک ضریب به صورت معادله ۱-۳ با
هم ارتباط پیدا می‌کنند.



شکل ۳-۱۴-ب- نمای دیگر از دستگاه MFK1-FA.

کلیه این اندازه‌گیریها به طور اتوماتیک توسط دستگاه MFK1-FA صورت می‌پذیرد و داده‌ها به صورت یک فایل در حافظه لپ‌تاپ ذخیره می‌گردند. سایر مراحل کاری به شرح زیر می‌باشد. در دستگاه MFK1-FA هر قطعه سنگ در محلی که برای قرار دادن نمونه طراحی شده قرار می‌گیرد (به شکل ۳-۱۴ نگاه کنید)، و سپس حساسیت مغناطیسی نمونه در چهار حالت اندازه‌گیری می‌شود. در واقع حساسیت مغناطیسی (K) نمونه ابتدا در سه جهت Z و Y ، X اندازه‌گیری می‌شود و در حالت چهارم حساسیت مغناطیسی کل نمونه به طور یکجا اندازه‌گیری می‌شود. هر بار که نمونه وارد محفظه اندازه‌گیری می‌شود، حول یک محور افقی چرخش می‌کند و در هر ۲ درجه، حساسیت مغناطیسی یکبار اندازه‌گیری می‌شود و نتیجه میانگین آن بر روی صفحه لپ‌تاپ نمایش داده می‌شود. در نهایت مجموع این اندازه‌گیریها به صورت یک سری داده در دو فایل با پسوند RAN و ASC در حافظه لپ‌تاپ ذخیره می‌شود. این فایلها

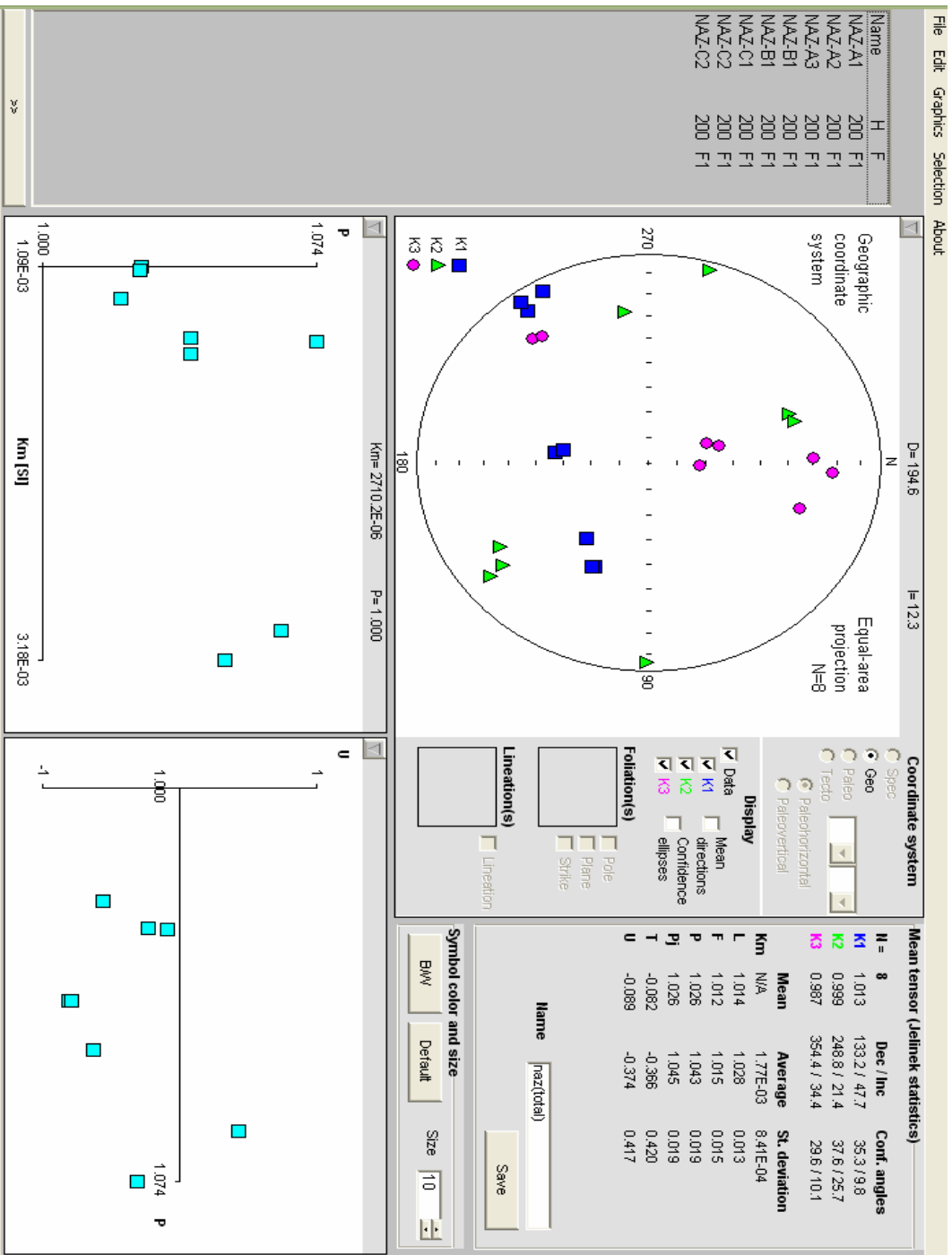
توسط نرم افزار *Anisoft4.2* که توسط زبان برنامه نویسی *Visual basic* تحت ویندوز نوشته شده است، قابل بازخوانی است. در بخش ۳-۸ به طور کامل دستگاه MFK1-FA و نحوه عملکرد آن شرح داده می-شود.

نرم افزار *Anisoft 4.2* علاوه بر اینکه خود قابلیت پردازش داده‌ها و نمایش نتایج را به صورت گرافیکی دارد (به شکل ۳-۱۵ نگاه کنید)، می‌تواند فایل Ran ورودی را به فرمت txt تبدیل نماید. فایل txt را می-توان توسط نرم افزار Excel باز خوانی کرد که یک نمونه از آن در جدول (۳-۱) آمده است.

جدول ۳-۱ - نمونه‌ای از داده‌های محاسبه شده توسط دستگاه MFK1-FA

Name	Field	Freq.	km	L	F	P	P _j	T	U	k ₁ dec	k ₁ inc	k ₂ dec	k ₂ inc	k ₃ dec	k ₃ inc
NAZ -A1	200	F1	1550	1.036	1.004	1.04	1.044	-0.808	-0.812	114.9	44.8	338.3	36.3	230	23.2
NAZ -A2	200	F1	1465	1.036	1.004	1.04	1.044	-0.786	-0.789	126.1	53.4	261.2	27.8	3.4	21.9
NAZ -A3	200	F1	1487	1.048	1.026	1.07	1.075	-0.297	-0.313	116.1	44.4	342.2	35.3	233.1	24.9
NAZ -B1	200	F1	3023	1.018	1.046	1.07	1.067	0.443	0.43	187.4	56.9	285.2	5.1	18.5	32.6
NAZ -B1	200	F1	3182	1.04	1.009	1.05	1.053	-0.619	-0.626	190.1	59.6	91.2	5.2	358.3	29.9
NAZ -C1	200	F1	1260	1.017	1.005	1.02	1.022	-0.561	-0.564	241.3	6.4	148.3	24.7	344.8	64.4
NAZ -C2	200	F1	1087	1.014	1.012	1.03	1.027	-0.079	-0.085	234.6	11.2	141.9	13.4	3.3	72.4
NAZ -C2	200	F1	1104	1.016	1.01	1.03	1.027	-0.225	-0.231	234.6	5.9	142.3	20.8	339.5	68.3

در این جدول Field و Freq از مشخصات دستگاه و مشخص کننده شدت میدان و فرکانس اندازه‌گیری می‌باشند؛ فاکتورهای L، F، T و U شکل بیضوی مغناطیسی را توصیف می‌کنند؛ P و P_j بترتیب درجه ناهمسانگردی و درجه ناهمسانگردی تصحیح شده‌اند؛ km حساسیت مغناطیسی کل، Dec و Inc بترتیب جهت شیب و شیب مقادیر جهات اصلی حساسیت مغناطیسی (k₁، k₂ و k₃) می‌باشند.



شکل ۳-۱۵- شمائی از محیط نرم افزار Anisofit 4.2؛ نتایج فایل ورودی ran Naz(total) بصورت استرئیوت، نمودار و مقادیر آماری نمایش داده شده است.

۳-۸- معرفی دستگاه MFKI-FA

دستگاههای سری *MFKI Kappabridge*، احتمالاً مهمترین ابزار آزمایشگاهی تجاری دنیا در زمینه اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی حجمی و ناهمسانگردی حساسیت مغناطیسی می‌باشند. دستگاه *MFKI-FA* یک مدل از این دستگاههاست که دارای مزایای ذیل می‌باشد:

- صفر شدن اتوماتیک، قبل از هر اندازه‌گیری.
- حساسیت بالا.
- توازن اتوماتیک هر دو مؤلفه واقعی و فرضی.
- اندازه‌گیری در سه فرکانس مختلف.
- اندازه‌گیری مؤلفه *in-phase* و تغییر نسبی مؤلفه *out-of-phase*.
- چرخش آهسته نمونه درون کویل.
- اندازه‌گیری سریع AMS.
- کاربری آسان.
- اندازه‌گیری خودکار تغییر میدان (*Automated field variation measurement*).
- تنها سه بار تغییر موقعیت نمونه در طی اندازه‌گیری هر نمونه.
- کنترل کامل توسط نرم افزار یا کامپیوتر.
- دارا بودن امکانات سخت افزاری و نرم افزاری با عیب یابی در سطح بالا (در صورت بروز هر مشکلی، دستگاه پیغام خطای مربوطه را ارائه می‌دهد).

۳-۸-۱- مشخصات دستگاه

این دستگاه، ناهمسانگردی مغناطیسی نمونه‌ای را که درون یک بخش در حال چرخش ثابت شده است اندازه‌گیری می‌کند. در این روش، نمونه درون کوپل با سرعت کم (حدود ۰/۴ دور بر ثانیه)، متعاقباً حول سه محور می‌چرخد. با توجه به این داده‌ها، تانسور حساسیت مغناطیسی انحرافی حاصل از اندازه‌گیری (*deviatoric susceptibility tensor*) محاسبه می‌شود. این تانسور تنها در برگزیده اطلاعات مؤلفه‌های ناهمسانگردی مغناطیسی نمونه است. برای بدست آوردن تانسور حساسیت مغناطیسی کامل، باید اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی حجمی که مکمل این اندازه‌گیری است صورت پذیرد. صفرشدن شاخصی که در طی محدوده اندازه‌گیری عمل می‌کند، ما را قادر می‌سازد تا اندازه‌گیری ناهمسانگردی مغناطیسی را در مقدمه کار، بعد از وارد کردن نمونه درون کوپل صفر کنیم. حساسیت مغناطیسی زمینه حذف شده است و دستگاه تنها تغییرات حساسیت مغناطیسی در هنگام چرخش نمونه را اندازه‌گیری می‌کند و از اینرو حساسترین محدوده می‌تواند مورد استفاده قرارگیرد. نتیجه کار صحیح‌ترین اندازه‌گیری و تعیین جهات اصلی تانسور حساسیت مغناطیسی است. در این حالت شخص نمونه را در سه جهت عمود بر هم تنظیم می‌کند، از اینرو زمان اندازه‌گیری بطور شگرفی کاهش می‌یابد. اندازه‌گیری سریع است، و حدود دو دقیقه برای هر نمونه طول می‌کشد، و بطور دقیقتر، بصره‌تر از تعیین حساسیت مغناطیسی در هر صفحه عمود بر محور چرخش نمونه است. روش آماری اندازه‌گیری نیز می‌تواند به کاربرده شود. نرم افزار *SAFYR* اندازه‌گیریهی صورت گرفته در سه مرحله به علاوه مقدار حساسیت مغناطیسی حجمی را برای ایجاد یک تانسور حساسیت مغناطیسی کامل با هم ترکیب می‌کند. خطاها در تعیین این تانسور با استفاده از یک روش جدید که بر مبنای اصول آماری چند متغیره است محاسبه می‌شود.

برخی مشخصات دستگاه *MFKI-FA* و فاکتورهای ناهمسانگردی مغناطیسی مورد استفاده، در جداول ۳-۲ و ۳-۳ آمده است.

جدول ۳-۲- ویژگیهای دستگاه در اندازه گیری پارامترها در دو حالت نمونه ثابت و نمونه در حال چرخش.

نمونه ثابت	نمونه در حال چرخش	پارامترها
-1),25.4mm (+1	-1.5),25.4mm (+0.2	قطر جای نمونه استوانه‌ای
-2),22mm (+0.2	-1.5),22mm (+0.5	طول جای نمونه استوانه‌ای
-2),20mm (+0.5	-1.5),20mm (+0.5	طول نمونه مکعبی
43mm		قطر درونی کوپل
10cm ³		حجم اسمی نمونه
F3: 15616 Hz F2: 3904 Hz, Hz, F1: 976		فرکانس عمل کننده
2 Am ⁻¹ to 700 Am ⁻¹ at F1, 2 Am ⁻¹ to 350 Am ⁻¹ at F2, 2 Am ⁻¹ to 200 Am ⁻¹ at F3		شدت میدان
0.5%		همگنی میدان
Hz 0 to 0.9 SI, F2: 3904 Hz 0 to 0.3 SI, F3: 15616 Hz 0 to 0.7 SI at F1: 976		طیف اندازه گیری
at F1, 400 Am ⁻¹ peak, SI units 3*10 ⁻⁸ (Bulk and AMS static spec.) 2*10 ⁻⁸ (AMS spinning spec.2) Am ⁻¹ F1, 400 5*10 ⁻⁸ (Bulk and AMS static spec.) F2, 200 Am ⁻¹ 10*10 ⁻⁸ (Bulk and AMS static spec.) F3, 200 Am ⁻¹		حساسیت
15-35 C°		طیف دمای محیط در حین کار با دستگاه
0.1%		دقت درون یک طیف دمایی
3%		دقت کالیبراسیون مطلق
Maximum 80%		رطوبت محیط قابل تحمل توسط دستگاه

جدول ۳-۳- فهرست فاکتورهای ناهمسانگردی مغناطیسی (k_1, k_2 و k_3 مقادیر حساسیت مغناطیسی اند و n_1, n_2 و n_3 بترتیب مقادیر لگاریتمهای طبیعی آنها هستند).

ردیف	عبارت ریاضی	علامت اختصاری
۱	$(15/2)[(k_1-k)^2+(k_2-k)^2+(k_3-k)^2]/(3*k)^2$	
۲	$\ln \exp \{ \text{sqr} [2((n_1-n)^2+(n_2-n)^2+(n_3-n)^2)] \}$	P'
۳	$\text{sqr} \{ 2[(n_1-n)^2+(n_2-n)^2+(n_3-n)^2] \}$	ln P'
۴	$k_1/k_3 \text{ Ln}$	P
۵	$(k_1/k_3) \text{ Ln}$	ln P
۶	$100(k_1-k_3)/k_1$	
۷	$(k_1-k_3)/k_2$	
۸	$(k_1-k_3)/k$	
۹	$k_1/k_2 \text{ Ln}$	L
۱۰	$\text{Ln} (k_1/k_2)$	ln L
۱۱	$(k_1-k_2)/k$	
۱۲	$2k_1/(k_2+k_3)$	
۱۳	$\text{Ln} k_2/k_3$	F
۱۴	$\text{Ln} (k_2/k_3)$	ln F
۱۵	$(k_1+k_2)/(2k_3)$	
۱۶	$(k_1+k_3)/(2k_2)$	
۱۷	$2k_2/(k_1+k_3)$	
۱۸	$1-k_3/k_2$	
۱۹	$(2k_1-k_2-k_3)/(k_1-k_3)$	
۲۰	$(k_1+k_2)/2-k_3/k$	
۲۱	$(k_2-k_3)/k$	
۲۲	$k_1/\text{sqr}(k_2*k_3)$	
۲۳	$(k_1*k_3)/(k_2^2)$	
۲۴	$\text{Ln} (k_1-k_2)/[(k_1+k_2)/2-k_3]$	Q
۲۵	$(k_1-k_2)/(k_2-k_3)$	
۲۶	$(k_2-k_3)/(k_1-k_2)$	
۲۷	$\arcsin \{ \text{sqr} [(k_2-k_3)/(k_1-k_3)] \}$	
۲۸	$\text{Ln} (k_2^2)/(k_1*k_3)$	E
۲۹	$k_2(k_1-k_2)/[k_1(k_2-k_3)]$	
۳۰	$(k_2/k_3-1)/(k_1/k_2-1)$	
۳۱	$\text{Ln} (2n_2-n_1-n_3)/(n_1-n_3)$	T
۳۲	$\text{Ln} (2k_2-k_1-k_3)/(k_1-k_3)$	U
۳۳	$(k_1+k_2-2k_3)/(k_1-k_2)$	
۳۴	$\text{sqr} \{ [(k_1-k)^2+(k_2-k)^2+(k_3-k)^2]/3 \} /k$	R
۳۵	$(k_1*k_2*k_3)^{(1/3)}$	
۳۶	$k_3(k_1-k_2)/[k_1(k_2-k_3)]$	
۳۷	$(k_1-k_2)(2k_1-k_2-k_3)/[(k_2-k_3)(k_1+k_2-2k_3)]$	

۳-۸-۲- نکاتی در استفاده از دستگاه

بمنظور هر گونه جابجایی و نصب دستگاه و متعاقباً به کار بردن آن نکات زیر باید رعایت شود:

- دستگاه نباید نزدیک منابع به وجود آورنده میدان مغناطیسی متناوب مانند ترانسفورماتورها، موتورهای الکتریکی، خطوط انتقال جریان برق و منابع حرارتی واقع شود.
- دستگاه نزدیک منابع الکتریکی و حرارتی واقع نشود و در معرض تابش مستقیم آفتاب قرار نگیرد، چون حرارت در دقت اندازه‌گیریها تأثیرگذار است.
- دمای اتاق باید تا حد ممکن ثابت باشد. تغییرات دما در اتاق نباید از ۲ درجه سانتیگراد در هر ساعت تجاوز کند.
- دستگاه و متعلقات آن باید روی میز چوبی و محکم که هیچ قسمت آهنی در ساخت آن به کار نرفته است مستقر شود.
- در طول اندازه‌گیری از جابجایی و تحرک اشیایی که خاصیت مغناطیسی دارند، مانند اجزای فلزی صندلی، در، ساعت و اجزای فلزی لباسها مثل دکمه و کمر بند و ... جلوگیری شود.

۳-۹- کالیبراسیون دستگاه

برای داشتن معیاری از صحت کارکرد دستگاه MFK1-FA، شرکت سازنده آن نمونه استاندارد را که قبلاً حساسیت مغناطیسی حجمی آن در دو جهت اندازه‌گیری شده است، در اختیار قرار داده است. توجه داشته باشید دستگاه توسط دو مقدار کالیبره شده است، زیرا کالیبراسیون استاندارد، نه تنها مقدار حساسیت مغناطیسی حجمی را به طور مستقیم ارائه می‌دهد، بلکه ناهمسانگردی مغناطیسی را نیز ارائه می‌دهد. مقدار حساسیت حجمی حداقل برابر با $10^{-3} \times 27$ و مقدار حداکثر برابر با $10^{-3} \times 136/7$ است. این مقادیر، مقادیر استاندارد مورد استفاده برای کالیبراسیون دستگاه است. اگر نمونه استاندارد را در شرایط فعلی اندازه‌گیری کنیم، در صورتیکه مقدار جدید اندازه‌گیری شده، اختلاف قابل توجهی با مقدار

استاندارد نداشته باشد، فرض می‌کنیم که دستگاه کالیبره است، در غیر این صورت مقادیر را بر اساس مقدار جدید نرمالیزه می‌کنیم.

۳-۱۰- شرح مختصری از منوی اصلی

منوی اصلی در اندازه‌گیری پارامترهای مختلف توسط کلیدهای عملیاتی صورت می‌گیرد:

<AX1> F1: اندازه‌گیری ناهمسانگردی در حالت ۱- چرخش حول محور x1 (شکل ۴-۱۴).

<AX2> F2: اندازه‌گیری ناهمسانگردی در حالت ۲- چرخش حول محور x2 (شکل ۴-۱۵).

<AX3> F3: اندازه‌گیری ناهمسانگردی در حالت ۳- چرخش حول محور x3 (شکل ۴-۱۶).

<T Sus3> F4: اندازه‌گیری ناهمسانگردی کل - چرخش حول محور x3 (شکل ۴-۱۶).

<T Sus> F4: اندازه‌گیری ناهمسانگردی کل در حالت عادی.

<Field> F5: تنظیم شدت میدان.

<Eval> F5: وقتی اندازه‌گیری در همه جهات صورت گرفت این گزینه فعال می‌شود. داده‌ی مربوط به نمونه

می‌تواند از طریق صفحه کلید وارد شود یا از طریق *Geological file* فراخوانی شود.

<ActVol> F6: وارد کردن حجم واقعی نمونه در مورد حساسیت مغناطیسی حجمی.

<Mass> F6: وارد کردن جرم واقعی نمونه در مورد حساسیت مغناطیسی جرمی.

<Help> F7: به ما درباره نحوه کار با گزینه‌ها کمک می‌کند.

<Freq> F8: تنظیم فرکانس دستگاه.

<Stop> F8: اندازه‌گیری کنونی متوقف می‌شود و داده‌های قبلی حفظ می‌شوند.

<kill> F9: اندازه‌گیری متوقف شده و داده‌ها پاک می‌شوند. وضعیت چرخنده به حالت اولیه باز می‌گردد.

<Aux> F10: تبدیل منو به حالت AUX (منوی کمکی).

۳-۱۱- اندازه گیری حساسیت مغناطیسی حجمی نمونه پودر شده

در صورتیکه نمونه‌ای که ذرات آن بطور یکنواخت بصورت پودر در آمده باشند را داشته باشیم، از محفظه- ای پلاستیکی مخصوص (شکل ۳-۱۶) استفاده می‌کنیم. بدین ترتیب که پودر را در این محفظه تا مقداری که حجم آن معین است (قسمت شیاردار) می‌ریزیم، حال در منوی اصلی برنامه، میزان حجم واقعی نمونه را اعمال می‌کنیم. سپس به وسیله کلید عملیاتی F4 حساسیت مغناطیسی حجمی نمونه را اندازه‌گیری می‌کنیم. در این حالت اندازه‌گیری به روش نیمه خودکار انجام می‌شود.



شکل ۳-۱۶- محفظه پلاستیکی برای اندازه گیری حساسیت مغناطیسی نمونه پودر شده.

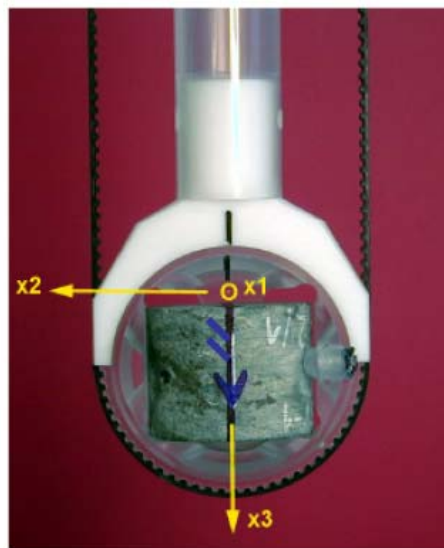
۳-۱۲- اندازه گیری AMS نمونه در حال چرخش

در این حالت پیغام زیر فعال است:

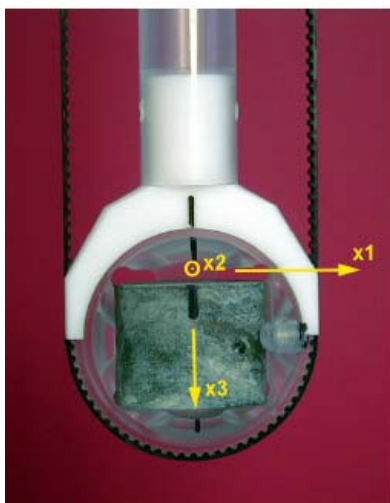
(options U/D ENABLED and ROTATOR ENABLED)

یعنی چرخنده و اجزای آن فعال است. در طی اندازه‌گیری، نمونه در سه حالت مرحله به مرحله هر بار حول یک محور می‌چرخد که این محورها بر یکدیگر عمودند. نمونه بعد از وارد شدن درون کوپل و بعد از اجرای برنامه به حالت صفر در می‌آید و در طی چرخش نمونه و شروع اندازه‌گیری، در طی یک دور چرخش ۶۴ بار حساسیت مغناطیسی اندازه‌گیری می‌شود که در نتیجه یک سنجش دقیق از اجزای

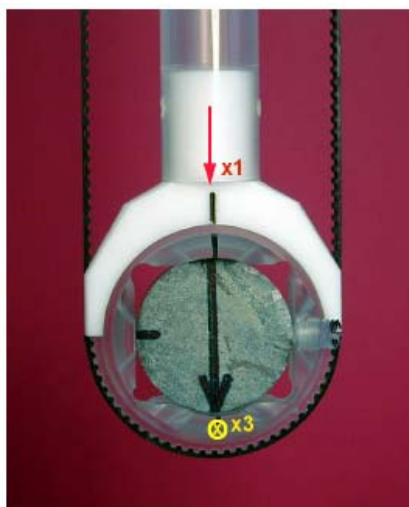
ناهمسانگردی تنسور حساسیت مغناطیسی حاصل می‌شود. سپس یک مقدار حساسیت مغناطیسی حجمی در طول محورها اندازه‌گیری می‌شود. مجموع این اندازه‌گیریها تنسور حساسیت مغناطیسی کامل را ارائه می‌دهد. داده‌اندازه‌گیری شده، به شکل پارامترهای گوناگون که از تنسور حساسیت مغناطیسی و جهت-گیریهای جهات حساسیت مغناطیسی اصلی در سیستمهای مختصاتی مختلف حاصل شده است و در صفحه نمایش مشخص است، می‌تواند چاپ شود یا در دیسکت ذخیره شود (به شکل فایل ASCII). مؤلفه‌های تنسور با یکدیگر همراه با فولیاسیونها و لیناسیونها مزوسکوپیک می‌تواند همچنین روی دیسکت ذخیره شود (به شکل فایل Ran استاندارد دارد که فایل دسترسی تصادفی است). درشکلهای (۳-۱۷ تا ۳-۱۹) وضعیت قرارگیری نمونه در حال چرخش در ۴ حالت مختلف دیده می‌شود.



شکل ۳-۱۷- وضعیت قرارگیری نمونه درون محفظه نگهدارنده در مرحله اول (چرخش حول محور x_1).

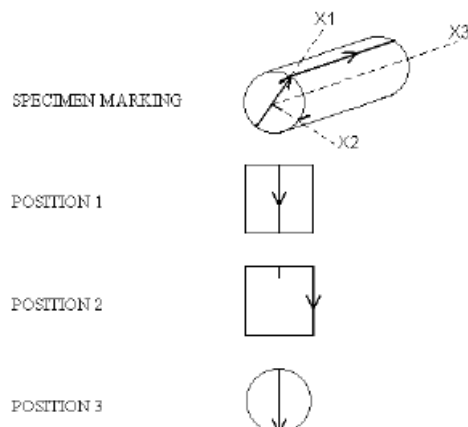


شکل ۳-۱۸- وضعیت قرارگیری نمونه درون محفظه نگهدارنده در مرحله دوم (چرخش حول محور x_2).



شکل ۳-۱۹- وضعیت قرارگیری نمونه درون محفظه نگهدارنده در مرحله سوم و چهارم (چرخش حول محور x_3).

علامت‌گذاری آزمایشگاهی نمونه (*laboratory marking*)، سیستم مختصاتی جهت یافته از سمت راست را تعریف می‌کند که باید بر طبق شکل ۳-۲۰ باشد. توجه داشته باشید که جهت خط بر روی پیشانی نمونه که محور x_1 را تعریف می‌کند، ممکن است در حین اندازه‌گیری دیده نشود.



شکل ۳-۲۰- چگونگی قرار گیری نمونه در وضعیت‌های مختلف با توجه به سیستم مختصاتی جهت یابی از سمت راست.

۳-۱۳- شرح مختصری درباره منوی کمکی

<BSus> F1: اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی حجمی یا جرمی در یک گروه از نمونه‌ها در یک میدان

متناوب. تغییرات میدان اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی حجمی یا جرمی نمونه در یک وضعیت جاری.

<ACmd> F2: فرمانهای کمکی پیشرفته (جهت انجام تنظیمات داخلی دستگاه):

Up/Down: تنظیم نگهدارنده خارج از کوئل یا تنظیم نگهدارنده درون کوئل، فعال یا غیر فعال کردن Up

و Down، فعال یا غیر فعال کردن چرخنده.

Zeroing: قراردادن هسته پل در وضعیت صفر.

Init: تنظیم نگهدارنده در بالا و قراردادن چرخنده در حالت پالس اندیسی (*index pulse*).

<CStd> F2: وارد کردن حساسیت مغناطیسی جهتی اسمی کالیبراسیون استاندارد.

<OrPar> F2: پارامترهای جهت‌یابی نمونه، یا پارامترهای مرتبط با نحوه قرائت شیب و جهت شیب نمونه.

<AnFac> F2: تعیین مجموعه‌ای از فاکتورهای ناهمسانگردی.

<Vol> F2: تنظیم وضعیت اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی بر اساس حجم.

<Mass> F2: تنظیم وضعیت اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی بر اساس جرم.

<Sigma> F2: اجرای آزمون اندازه‌گیری با سنجش خطای استاندارد.

<List> F2: لیست کردن فایل‌های پیکربندی.

<Cal> F3: کالیبراسیون.

<Holder> F4: اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی فضایی که نمونه در آن وارد می‌شود.

<Field> F5: تنظیم شدت میدان.

<ActVol> F6: حجم واقعی نمونه.

<Mass> F6: جرم واقعی نمونه.

<Help> F7: راهنمایی در انجام مراحل.

<Freq> F8: تنظیم فرکانس.

<Kill> F9: فعالیتهای در حال انجام متوقف می‌شود. داده از بین می‌رود. نگهدارنده و چرخنده در وضعیت

اولیه قرار می‌گیرد.

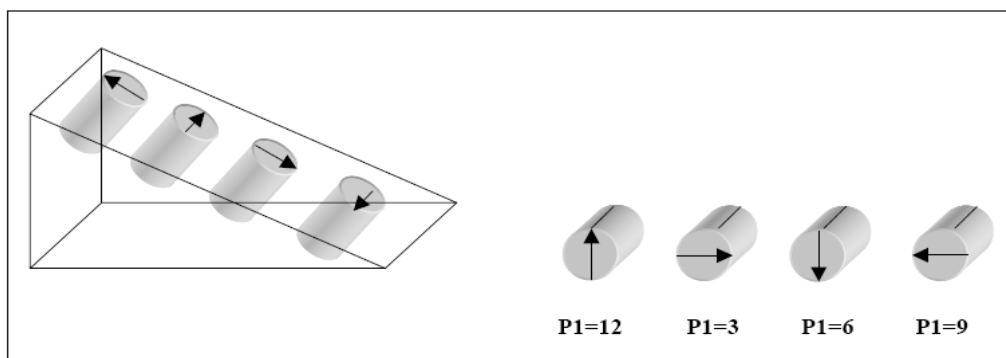
<Main> F10: بازگشت به منوی اصلی.

۳-۱۴- پارامترهای جهت‌یابی

متخصصین از روشهای متفاوتی در نمونه‌برداری از نمونه‌های جهت‌دار استفاده می‌کنند. به همین منظور با توجه به این اختلاف نظرها، یک راه حل نرم افزاری در تغییر شکل داده از سیستم مختصاتی خود نمونه به سیستمهای مختصاتی جغرافیایی، پالیوگرافیک و تکتونیکی ارائه شده است که از طریق آنچه که پارامترهای جهت‌یابی نامیده می‌شوند کنترل می‌شود.

-پارامتر P1

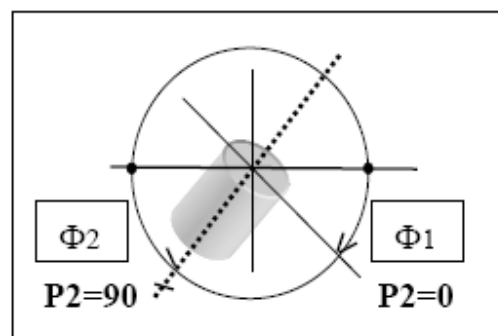
وقتی فلش شاخص اندازه‌گیری جهت شیب و شیب مغزه یا خط هاشوردار حاشیه مغزه در یک راستا قرار گیرند یا به عبارتی عقربه ساعت مقابل عدد ۱۲ باشد (شکل ۳-۲۱) این فلش محور $\Phi 1$ سیستم مختصاتی نمونه است. این جهت‌یابی نمونه ممکن است نیاز باشد اندازه‌گیری شود. لازم به ذکر است که ما در این تحقیق پارامتر P1 را برابر ۱۲ قرار داده‌ایم.



شکل ۳-۲۱- وضعیت قرارگیری پارامتر P1 در حالت‌های مختلف.

-پارامتر P2

مقدار این پارامتر ۰ یا ۹۰ است. اگر صفر باشد شیب مغزه اندازه‌گیری شده برابر $\Phi 1$ است. اگر برابر ۹۰ باشد، پلانژ مغزه اندازه‌گیری شده معادل $\Phi 2$ است (شکل ۳-۲۲). در روش نمونه‌گیری انجام شده در این تحقیق زاویه $\Phi 2$ اندازه‌گیری شده است.



شکل ۳-۲۲- وضعیت قرارگیری پارامتر P2 در حالت‌های مختلف.

- پارامتر P3

این یک مقدار ساعتگرد از جهتی که در آن میدان اندازه گیری شده است می باشد (توسط فلشی که نیاز نیست ترسیم شود تصور می شود). باید متذکر شد در این تحقیق، P3 برابر با صفر قرار داده شده است.

- پارامتر P4

این پارامتر هم دو مقدار ۰ یا ۹۰ دارد. مقدار صفر بدین معنیست که جهت شیب و شیب فولیاسیون اندازه گیری شده است. مقدار ۹۰ بدین معنیست که امتداد (جهت از سمت راست) و شیب اندازه گیری شده است.

در سیستم Agico مقادیر پیش فرض پارامترهای P برابرند با:

P1 = 12: علامت روی قسمت فوقانی استوانه به سمت بالاست.

P2 = 90: پلانژ محور استوانه اندازه گیری شده است.

P3 = 6: جهت شیب صفحه بالایی در میدان اندازه گیری شده است.

P4 = 0: جهت شیب و شیب فولیاسیون مزوسکوپیک اندازه گیری شده است.

برنامه مجموعه ای از پارامترهای جهت یابی متداول را نشان می دهد

$$P4 = 0 \quad P3 = 6 \quad P2 = 0 \quad P1 = 6$$

برنامه از ما سؤال زیر را می پرسد:

Any changes [Y/N]?

در صورتیکه N را انتخاب کنیم پارامترهای پیش فرض که بیان شد در محاسبات بعدی استفاده می شود.

در صورتیکه Y انتخاب شود، کامپیوتر در خواست می کند تا پارامترهای جدید را یک به یک وارد کنیم و

آنها را از نظر اعتبار چک می کند. این پارامترهای جدید بر روی یک فایل پیکربندی ذخیره می گردد. در

این تحقیق، P4 برابر با ۹۰ فرض شده است.

فصل چهارم:

پردازش و تفسیر نتایج اندازه گیری

۴-۱- مقدمه

پس از آشنایی با روش تعیین فابریک مغناطیسی نمونه‌ها در فصل قبل در این بخش به استفاده از این روش در تعیین وضعیت هندسی کانسارهای کرومیتی همراه با افیولیت‌های فاریاب به عنوان موضوع تحقیق می‌پردازیم. کلاً منطقه برداشت صحرائی حدود ۲۰ کیلومتر مربع را تحت پوشش قرار می‌دهد که در کل این منطقه از ۳۲ ایستگاه، مغزه‌گیری شد و مغزه‌هایی به طول ۵ تا ۱۰ سانتیمتر و قطر ۲۵ میلیمتر بدست آمد. ایستگاههای برداشت در اینجا معادن روباز عزت، رضا، شاهین، فطر، شهریار و نازآفرین را در بر می‌گیرد. علاوه بر مغزه‌گیری، نمونه‌های دستی نیز به وسیله چکش برداشت شد تا از آنها مقاطع نازک و صیقلی، برای بررسیهای بیشتر، تهیه شود. لیتولوژی ایستگاههای مغزه‌گیری کرومیت، دونیت و ... می‌باشد. مغزه‌ها در کارگاه سنگ‌بری به قطعاتی با ابعاد ۲۲ میلیمتر طول برش داده شدند و در مجموع بیش از ۸۲ قطعه تهیه شد. به علت وجود آهن احتمالی ناشی از برخورد بدنه مته با مغزه، نمونه‌ها به وسیله اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال (غوطه‌ور کردن نمونه‌ها درون اسید به مدت دو ساعت) شستشو شدند و سپس تمیز گردیدند تا برای اندازه‌گیری آماده باشند. در ادامه حساسیت مغناطیسی نمونه‌ها و پارامترهای لازم برای تعیین فابریک مغناطیسی به وسیله دستگاه MFK1-FA اندازه‌گیری گردید. نتایج تک‌تک اندازه‌گیریها بصورت جدول و نمودار ارائه شده است.

۴-۲- نتایج اندازه‌گیری پارامترها

نتایج حاصل از اندازه‌گیری را بعد از پردازش و مرتب‌سازی، به شیوه‌های مختلف (جدول، نمودار، نقشه، استریونت و...) می‌توان نشان داد. جدول ۴-۱ نتایج اندازه‌گیری تک‌تک مغزه‌ها را نمایش می‌دهد. در ادامه مقادیر میانگین پارامترهای لازم برای ترسیم نقشه‌های ساختاری مبتنی بر فابریک مغناطیسی که عبارتند از (P, T, k_m, k_1, k_2, k_3) در جدول ۴-۲ ارائه گردیده است، علاوه بر آن مقدار حساسیت مغناطیسی کل (k_m) بطور جداگانه برای هر معدن و کل نمونه‌ها بصورت نمودار^۱ در شکل‌های ۴-۱ تا ۴-۷ آمده است. همانطور که در فصل ۳ گفتیم، حساسیت مغناطیسی کل، در مرحله چهارم اندازه‌گیری برای وضعیت نمونه چرخش حاصل می‌شود. حساسیت مغناطیسی کل در شکل‌های ۴-۱، ۴-۲ و ۴-۳ برای سه معدن رضا، نازآفرین و عزت k_m بر حسب μSI (10^{-6}SI) و در شکل‌های ۴-۴ تا ۴-۶ برای کل نمونه‌ها نمایش داده شده است، ضمن اینکه در شکل ۴-۷ این مقدار به صورت نمودار دایره‌ای شکل برای کل نمونه‌ها رده‌بندی شده است. در این رده‌بندی ۳ گروه ۰ تا $2000 \mu\text{SI}$ ، $2000 \mu\text{SI}$ تا $4000 \mu\text{SI}$ و بیشتر از $4000 \mu\text{SI}$ دیده می‌شود. این تقسیم‌بندی نشان می‌دهد اغلب نمونه‌های ما در رده اول قرار می‌گیرند. این موضوع می‌تواند به ارائه یک دید کلی درباره هر معدن برای جداسازی لیتولوژیهای مختلف (بر حسب دیا، پارا و فرومغناطیس) کمک کند.

در جدول ۴-۳ داده بدست آمده مجدداً بر اساس ترکیب سنگ‌شناسی (*Lithology*) مربوط به نمونه‌ها مرتب و گروه‌بندی شده است. k_1 (لیناسیون مغناطیسی) و k_3 (عمود بر فولیاسیون مغناطیسی)، k_m (حساسیت مغناطیسی کل)، P (درجه ناهمسانگردی)، P_j (درجه ناهمسانگردی تصحیح شده یا جلینک) و T (پارامتر شکل) اصلی‌ترین پارامترها در تعیین فابریک مغناطیسی سنگها می‌باشند. مفهوم پارامترهای

^۱ - نمودارها و شکل‌های مربوط به معادن شهریار، شاهین و فطر در پیوست آمده است.

مذکور در فصل ۳ به تفصیل بیان شده است، با این وجود لازم به ذکر است که لیناسیون یا همان خطوارگی مغناطیسی (k_1) به عنوان حساسیت مغناطیسی بیشینه، در تعیین روند حرکتی ماگمای تشکیل دهنده توده نفوذی حاوی ماده معدنی؛ فولیاسیون یا برگوارگی مغناطیسی یا بقولی صفحه‌ای که k_3 قطب آن است در تعیین وضعیت مشخصات لایه‌های حاوی ماده معدنی، T یا همان پارامتر شکل به عنوان معیاری برای ارزیابی دقیقتر از شکل بیضوی مغناطیسی و P_j به عنوان یک پارامتر مؤثرتر از P در تعیین درجه ناهمسانگردی (*Anisotropy*)، کاربرد دارند.

جدول ۴-۱- داده محاسبه شده توسط دستگاه MFK1-FA (جهت اصلی نمونه‌ها براساس جهت شیب (D) و شیب (I)).

sample	k _{1D}	k _{1I}	k _{2D}	k _{2I}	k _{3D}	k _{3I}	sample	k _{1D}	k _{1I}	k _{2D}	k _{2I}	k _{3D}	k _{3I}
RZ4-A1	235	44	143	2	50	46	SHR-D2	144	14	49	17	272	57
RZ4-A2	294	25	178	43	45	37	SHR-D3	128	26	223	12	335	3
RZ4-A3	248	44	345	8	83	45	EZ-A1	262	27	155	31	25	72
RZ4-A4	218	49	314	5	49	41	EZ-A2	237	45	122	22	15	51
RZ4-B1	328	55	169	33	72	2	EZ-B1	252	33	64	57	159	26
RZ4-B2	297	71	111	19	201	2	EZ-B2	85	5	323	80	176	15
RZ4-B3	310	88	90	2	181	40	EZ-B3	263	32	54	55	164	17
RZ4-C1	328	50	235	3	143	49	EZ-C1	84	7	336	67	177	63
RZ4-C2	294	49	37	11	135	23	EZ-C2	79	29	269	61	171	65
RZ4-D1	228	9	325	40	127	22	EZ-C3	48	8	316	13	169	62
RZ8-A1	249	5	144	73	341	16	EZ-D1	227	36	5	46	120	21
RZ8-A2	251	13	137	61	347	26	EZ-D2	232	33	79	54	331	75
RZ8-A3	265	29	129	52	8	22	EZ-E1	272	10	21	60	177	2
RZ8-B1	60	41	231	49	326	4	EZ-E2	72	10	312	70	165	9
RZ8-B2	80	25	180	20	305	57	EZ-E3	80	0	171	64	350	10
RZ8-B3	88	62	245	26	340	9	EZ-F1	315	71	212	4	121	15
RZ8-C1	81	40	265	50	172	2	EZ-G1	168	33	351	57	259	8
RZ8-C2	82	38	268	52	174	3	EZ-G2	175	24	333	64	81	55
RZ8-D1	97	88	248	2	338	3	EZ-G3	189	34	333	50	87	67
RZ8-D2	47	47	182	34	289	24	EZ-H1	135	4	45	3	282	61
RZ8-D3	65	59	195	21	294	22	EZ-I1	93	12	360	14	221	69
NAZ-A1	115	45	338	36	230	25	EZ-I2	98	9	6	17	215	36
NAZ-A2	126	53	261	28	3	33	EZ-I3	99	10	7	10	232	47
NAZ-A3	116	44	342	35	233	22	EZ-I4	96	8	4	10	224	28
NAZ-A4	126	49	347	33	242	64	EZ-J1	96	7	5	9	224	72
NAZ-B1	187	57	285	5	19	72	EZ-J2	109	10	16	18	228	73
NAZ-B2	190	60	91	5	358	68	EZ-J3	120	4	29	17	223	77
NAZ-C1	241	6	148	25	345	23	EZ-CAN1-2	45	44	311	4	217	46
NAZ-C2	235	6	142	21	340	47	EZ-CAN1-3	353	13	86	12	219	18
SHR-A1	301	80	200	2	110	15	EZ-CAN3-2	195	32	92	20	336	51
SHR-A2	291	82	22	0	112	24	EZ-CAN3-3	188	35	89	13	342	52
SHR-A3	261	72	52	16	144	57	FET-A1	69	49	273	38	174	12
SHR-B1	129	26	293	64	36	24	FET-A2	69	51	270	37	172	10
SHR-B2	271	5	178	33	9	18	FET-A3	38	57	272	21	172	25
SHR-B3	115	30	302	60	206	0	FET-B1	37	58	256	26	157	21
SHR-C1	71	35	221	51	330	19	FET-B2	35	38	215	52	305	29
SHR-C2	108	57	254	28	353	4	FSH-A1	288	35	178	25	61	44
SHR-C3	250	20	15	58	151	10	FSH-A2	319	19	212	41	68	43
SHR-C4	252	21	352	24	126	12	FSH-B1	119	4	216	61	27	28
SHR-D1	142	24	243	24	13	6	FSH-B2	120	8	223	60	26	29

جدول ۴-۲- سایر پارامترهای مغناطیسی محاسبه شده توسط دستگاه MFK1-FA.

Sample	k_m	P	Pj	T	Sample	k_m	P	Pj	T
RZ4-A1	522	1.015	1.015	-0.166	SHR-D2	2586	1.142	1.143	-0.162
RZ4-A2	544	1.012	1.013	0.595	SHR-D3	2299	1.125	1.125	-0.027
RZ4-A3	508	1.014	1.014	-0.282	EZ-A1	1315	1.012	1.012	0.679
RZ4-A4	533	1.017	1.014	-0.252	EZ-A2	1196	1.014	1.014	0.572
RZ4-B1	895	1.128	1.139	0.714	EZ-B1	1512	1.012	1.012	0.208
RZ4-B2	1039	1.102	1.108	0.544	EZ-B2	1317	1.013	1.013	0.612
RZ4-B3	1109	1.07	1.08	0.977	EZ-B3	1685	1.014	1.014	0.004
RZ4-C1	1998	1.08	1.06	0.827	EZ-C1	1269	1.02	1.02	-0.077
RZ4-C2	2020	1.01	1.04	0.836	EZ-C2	1336	1.015	1.015	0.13
RZ4-D1	2325	1.032	1.023	-0.736	EZ-C3	681	1.099	1.113	0.936
RZ8-A1	1850	1.055	1.055	-0.185	EZ-D1	868	1.023	1.025	-0.68
RZ8-A2	2209	1.049	1.049	0.1	EZ-D2	1020	1.017	1.017	-0.064
RZ8-A3	2120	1.048	1.047	0.123	EZ-E1	3351	1.012	1.012	0.131
RZ8-B1	472	1.05	1.051	0.223	EZ-E2	2765	1.021	1.021	0.152
RZ8-B2	439	1.041	1.041	0.313	EZ-E3	2821	1.032	1.036	0.136
RZ8-B3	460	1.049	1.05	0.346	EZ-F1	2605	1.018	1.033	0.232
RZ8-C1	6274	1.137	1.141	0.408	EZ-G1	2832	1.027	1.045	0.365
RZ8-C2	6314	1.134	1.144	0.692	EZ-G2	3214	1.045	1.036	-0.561
RZ8-D1	1378	1.04	1.042	0.605	EZ-G3	2976	1.028	1.039	0.362
RZ8-D2	1531	1.047	1.051	0.719	EZ-H1	3365	1.036	1.047	-0.456
RZ8-D3	2636	1.054	1.057	0.515	EZ-I1	1067	1.058	1.059	0.307
NAZ-A1	1550	1.04	1.044	-0.808	EZ-I2	1547	1.097	1.097	0.071
NAZ-A2	1465	1.04	1.044	-0.786	EZ-I3	1695	1.086	1.087	0.34
NAZ-A3	1487	1.074	1.075	-0.297	EZ-I4	1494	1.09	1.09	0.012
NAZ-A4	1532	1.065	1.023	-0.562	EZ-J1	1704	1.083	1.083	0.124
NAZ-B1	3023	1.065	1.067	0.443	EZ-J2	1955	1.114	1.12	0.515
NAZ-B2	3182	1.049	1.053	-0.619	EZ-J3	2288	1.108	1.111	0.343
NAZ-C1	1260	1.021	1.022	-0.561	EZ-CAN1-2	2137	1.078	1.047	0.467
NAZ-C2	1087	1.027	1.027	-0.079	EZ-CAN1-3	2421	1.065	1.074	0.354
SHR-A1	1487	1.085	1.089	0.569	EZ-CAN3-2	5658	1.088	1.089	0.245
SHR-A2	1692	1.06	1.061	-0.245	EZ-CAN3-3	5444	1.1	1.101	0.278
SHR-A3	1528	1.068	1.068	-0.117	FET-A1	12354	1.067	1.068	0.298
SHR-B1	4121	1.048	1.048	0.192	FET-A2	14636	1.059	1.059	-0.11
SHR-B2	3865	1.062	1.055	0.46	FET-A3	10653	1.048	1.048	-0.08
SHR-B3	4124	1.059	1.042	0.571	FET-B1	11305	1.112	1.112	0.107
SHR-C1	3690	1.051	1.053	0.443	FET-B2	9149	1.081	1.086	-0.588
SHR-C2	6080	1.071	1.071	-0.094	FSH-A1	1312	1.021	1.022	0.497
SHR-C3	2022	1.025	1.026	-0.54	FSH-A2	1392	1.014	1.016	0.718
SHR-C4	1200	1.025	1.025	-0.406	FSH-B1	2056	1.073	1.073	0.106
SHR-D4	4253	1.104	1.105	0.231	FSH-B2	1827	1.067	1.069	0.401

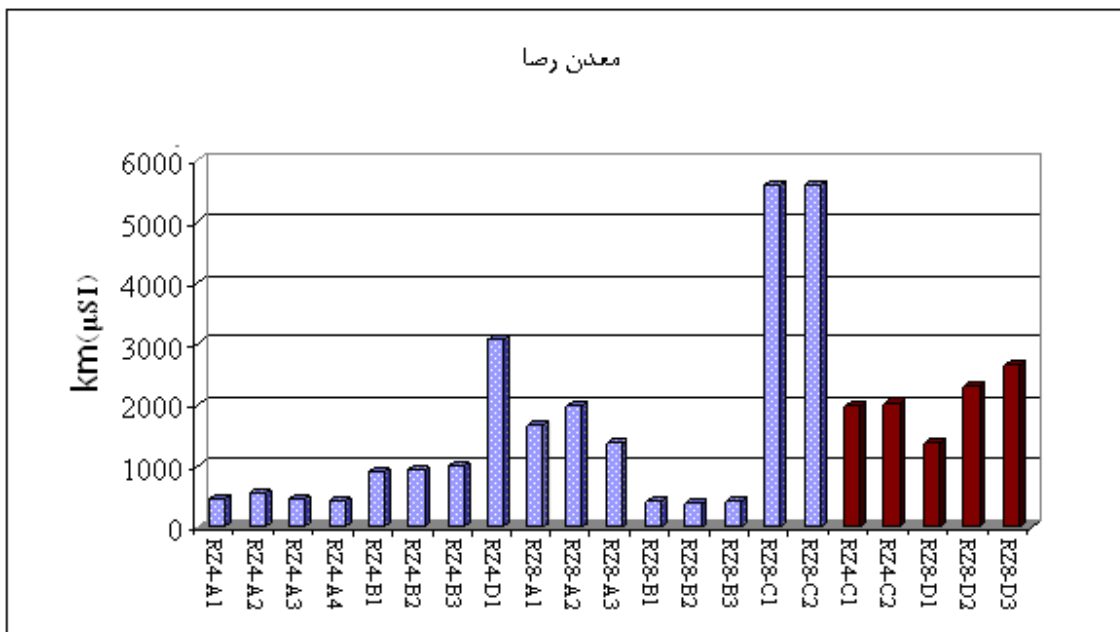
جدول ۴-۳- مقادیر متوسط پارامترهای مغناطیسی برای هر ایستگاه با توجه به لیتولوژی (دونیت=Du، کرومیت=Cr).

Lit	sample	k ₁ D	k ₁ I	k ₂ D	k ₂ I	k ₃ D	k ₃ I	Foliation D	Foliation I
Du	RZ4-A	251	44	153	8	56	43	146	47w
Du	RZ4-B	316	72	120	21	213	15	303	75N
Cr	RZ4-C	331	50	46	4	138	36	228	54N
Du	RZ4-D	227	9	325	40	127	22	217	68W
Du	RZ8-A	254	15	135	62	352	21	82	69S
Du	RZ8-B	74	43	217	35	327	23	57	67s
Du	RZ8-C	81	39	266	51	173	2	263	88N
Cr	RZ8-D	56	65	209	21	307	17	37	73E
Cr	NAZ-A	120	48	324	38	220	22	310	68N
Cr	NAZ-B	189	58	98	1	8	70	98	20S
Du	NAZ-C	236	6	143	22	342	45	72	45S
Cr	EZ-A	251	37	138	27	18	61	108	29S
Cr	EZ-B	260	20	53	67	166	19	256	71N
Cr	EZ-C	81	18	298	68	174	64	264	26N
Cr	EZ-D	230	34	78	53	157	43	247	47N
Cr	EZ-E	81	1	358	84	170	1	260	89N
Cr	EZ-F	315	71	212	4	121	15	210	76W
Cr	EZ-G	177	30	340	57	81	40	171	50W
Cr	EZ-H	135	4	45	3	282	61	12	29E
Du	EZ-I	96	9	4	13	223	45	313	45N
Du	EZ-J	108	7	16	14	225	74	315	16E
Cr	EZ-CAN1	15	30	108	4	218	32	308	58N
Du	EZ-CAN3	192	34	90	16	339	51	69	39S
Du	SHR-A	280	79	31	5	118	33	208	57W
Cr	SHR-B	111	17	243	69	23	14	113	76S
Cr	SHR-C	77	13	300	60	330	1	60	89S
Du	SHR-D	138	21	231	6	191	19	281	71N
Du	FET-A	60	53	272	32	172	15	262	75N
Du	FET-B	36	48	240	41	321	4	51	86S
Cr	FSH-A	304	28	193	34	64	43	154	47W
Du	FSH-B	120	6	220	60	26	28	116	62S

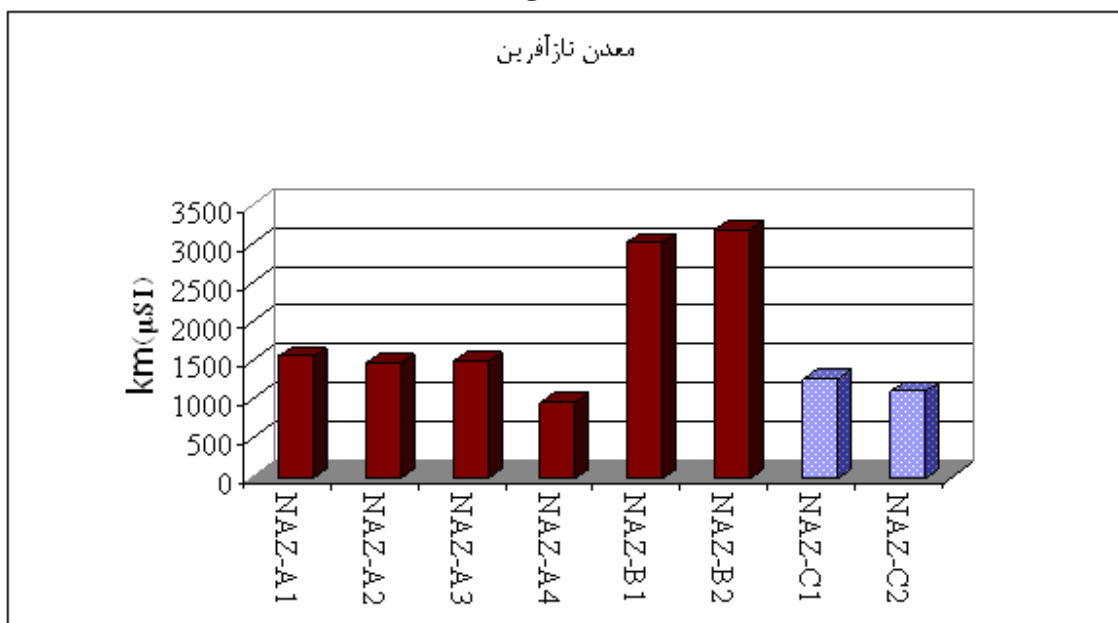
در جداول و نمودارهای این پژوهش نام نمونه‌های برداشت شده بر اساس معدن مربوطه ذکر شده است (

معدن رضا=RZ، معدن عزت=EZ، معدن شاهین=FSH، معدن شهریار=SHR، معدن فطر=FET، معدن

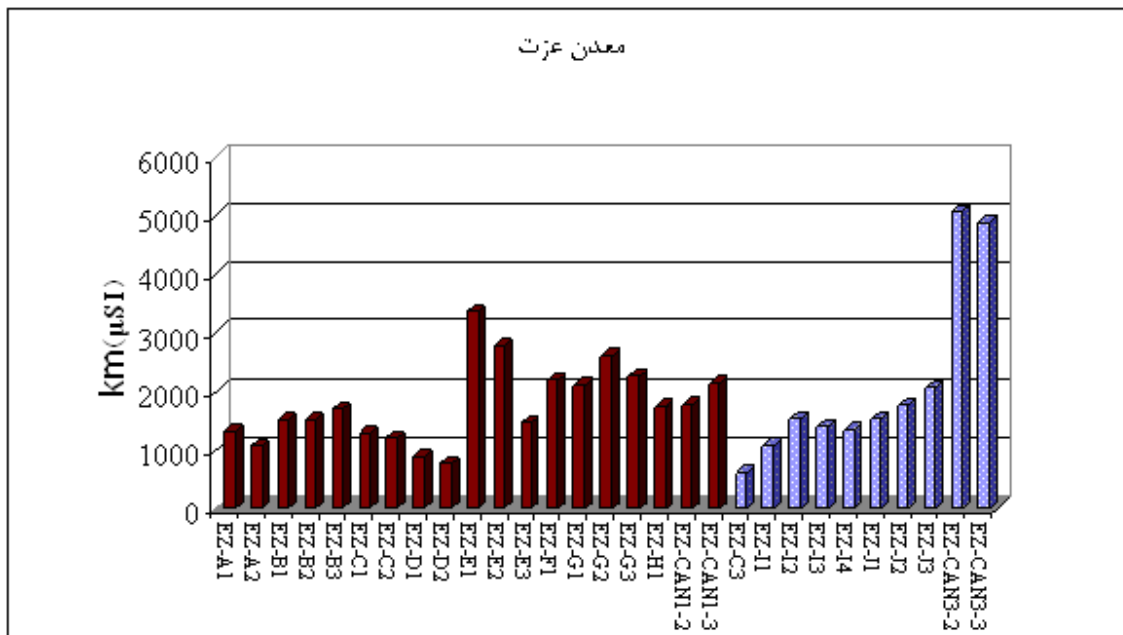
نازآفرین=NAZ).



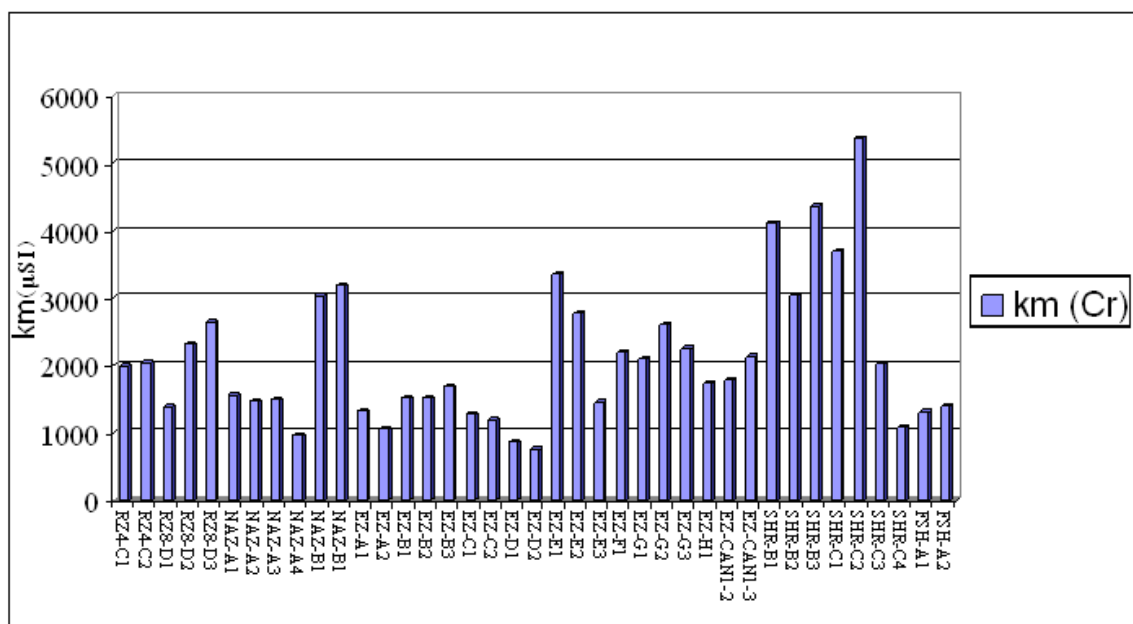
شکل ۴-۱- مقدار حساسیت مغناطیسی کل (k_m) در مغزه‌های برداشت شده در معدن رضا ۴ و رضا ۸ بر حسب μSI (ستونهای هاشورزده مربوط به دونیت و بقیه مربوط به کرومیت می‌باشند).



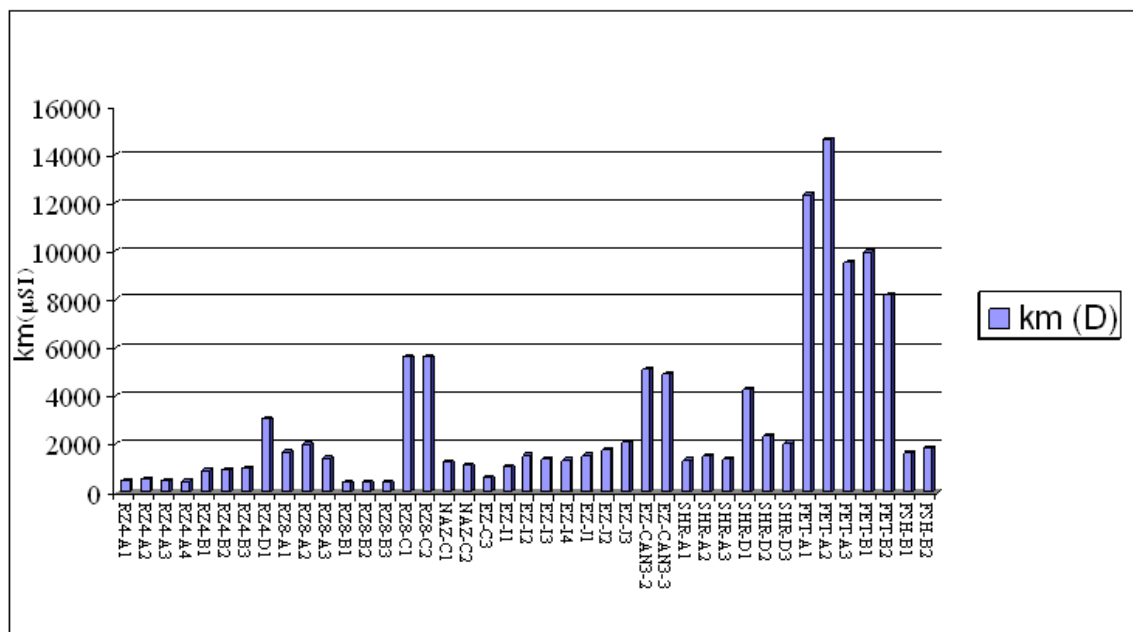
شکل ۴-۲- مقدار حساسیت مغناطیسی کل (k_m) در مغزه‌های برداشت شده در معدن نازآفرین بر حسب μSI (ستونهای هاشورزده مربوط به دونیت و بقیه مربوط به کرومیت می‌باشند).



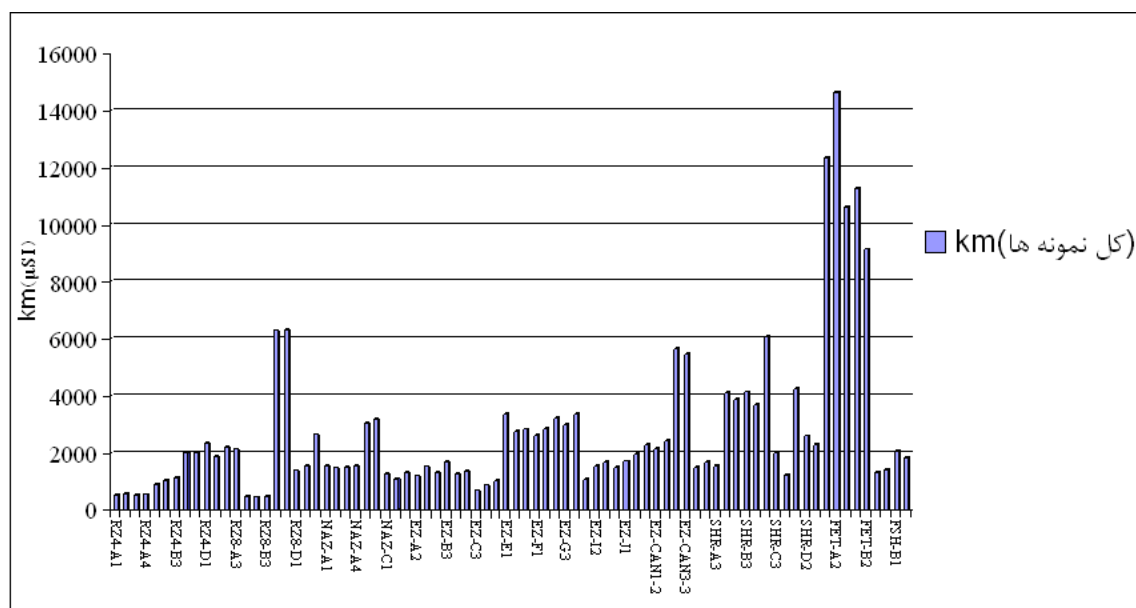
شکل ۳-۴- مقدار حساسیت مغناطیسی کل (km) در مغزه‌های برداشت شده در معدن عزت بر حسب μSI (ستونهای هاشورزده مربوط به دونیت و بقیه مربوط به کرومیت می‌باشند).



شکل ۴-۴- مقدار حساسیت مغناطیسی کل (km) بر حسب μSI مربوط به کل مغزه‌های کرومیت.



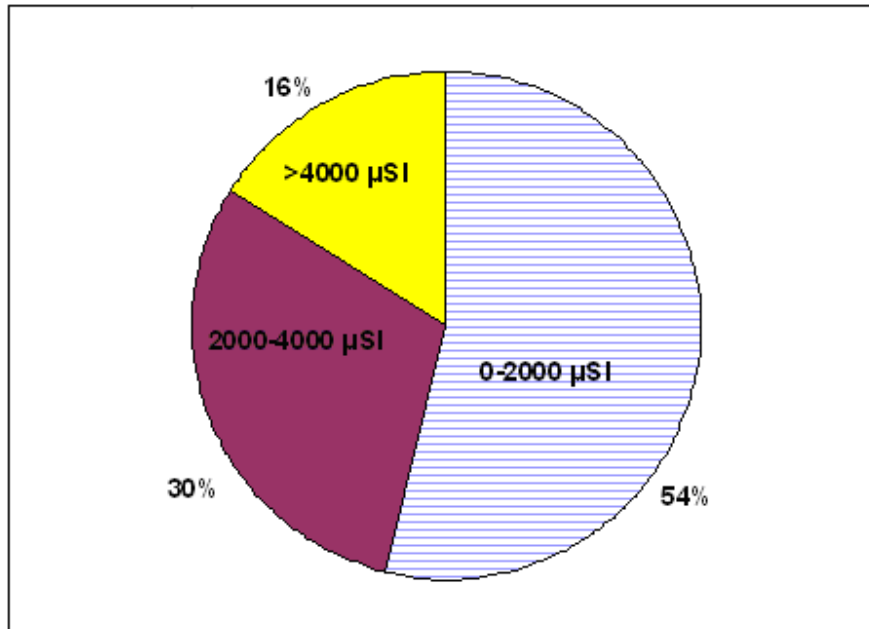
شکل ۴-۵- مقدار حساسیت مغناطیسی کل (km) بر حسب μSI مربوط به کل مغزه‌های دونیت.



شکل ۴-۶- مقدار حساسیت مغناطیسی کل (km) بر حسب μSI مربوط به کل مغزه‌ها.

با مقایسه نمودارهای مربوط به کل مغزه‌های کرومیت و دونیت در شکل‌های ۴-۴ و ۴-۵ مشاهده می‌شود به طور نسبی میانگین مقدار حساسیت مغناطیسی کل در نمونه‌های کرومیتی بیشتر است. البته در معدن فطر که فقط از دونیت نمونه‌برداری شده است این مقدار به طور چشمگیری افزایش پیدا می‌کند

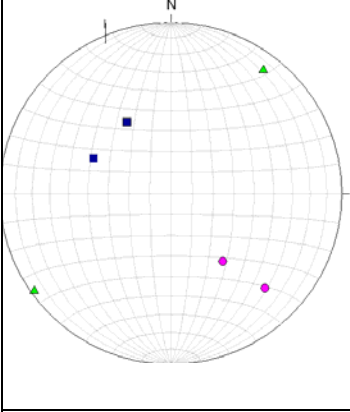
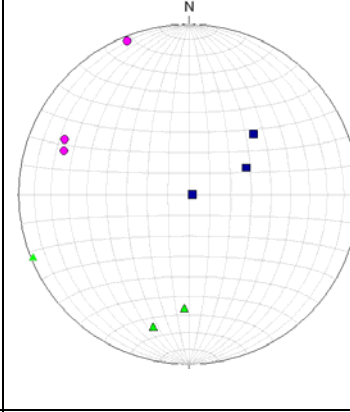
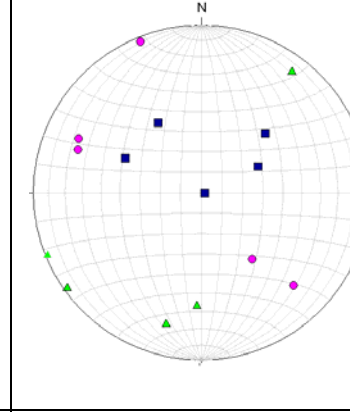
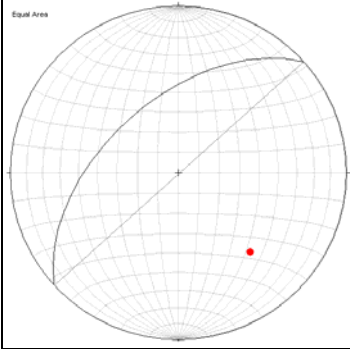
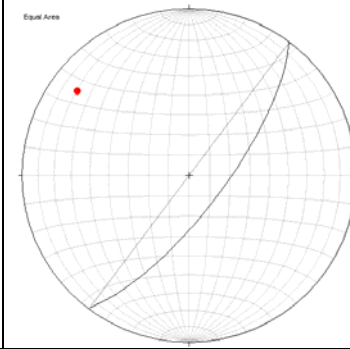
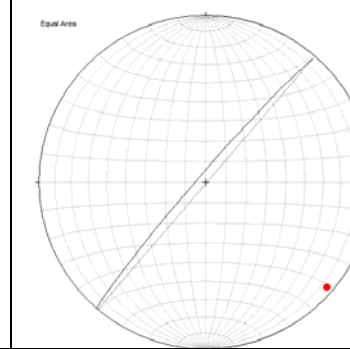
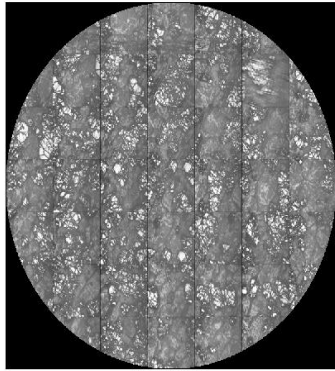

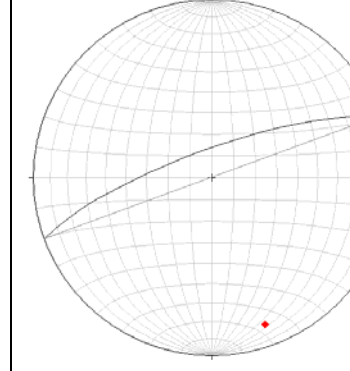
($k_m > 10000 \mu SI$) که احتمالاً ناشی از وجود کانی‌های فرومغناطیس مثل سولفیدهای آهن (پیروتیت) یا مگنتیت است.



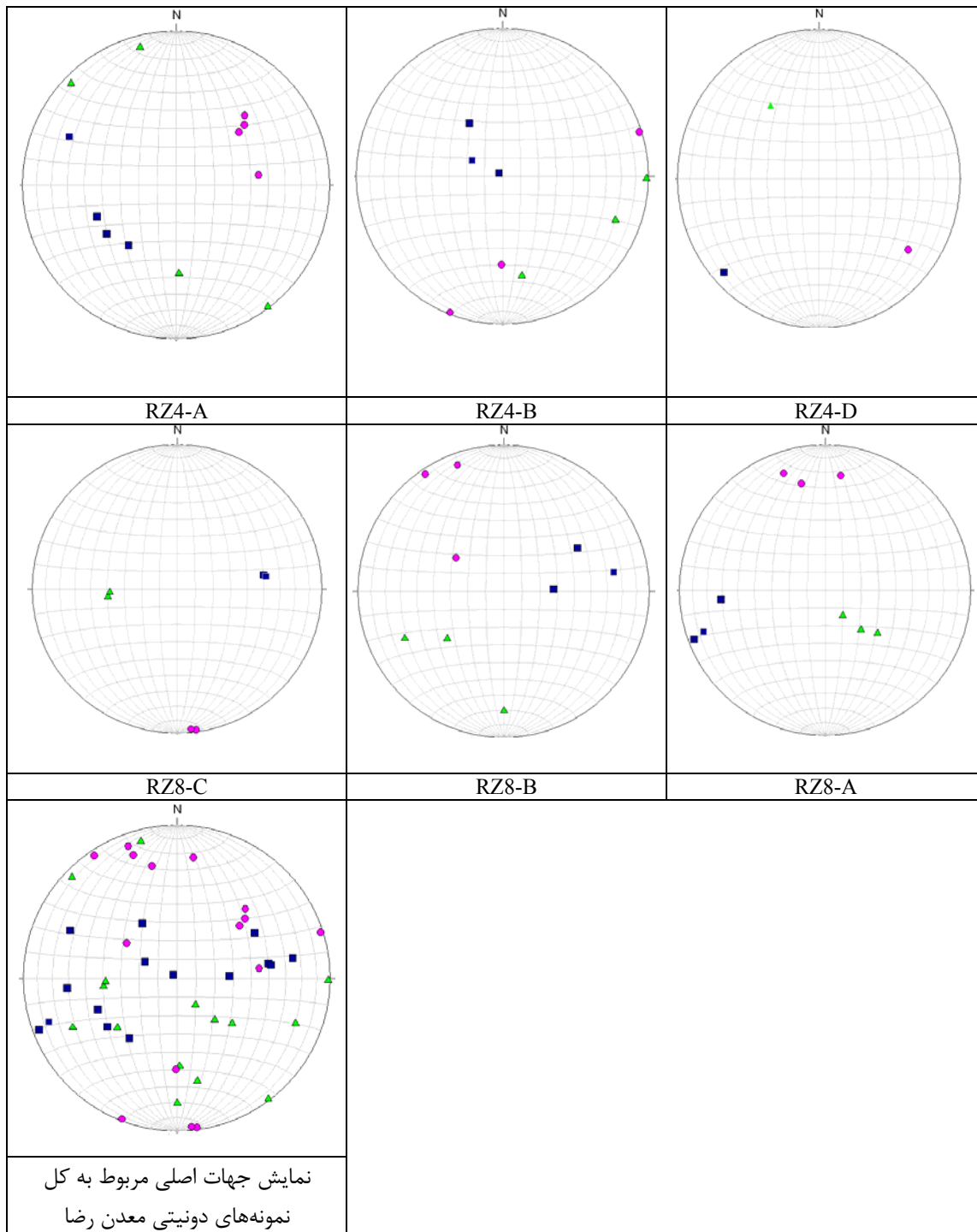
شکل ۴-۷- نمودار پی یا دایره‌ای شکل حساسیت مغناطیسی کل (k_m) مربوط به همه نمونه‌ها.

نتایج اندازه‌گیری را نیز بصورت گرافیکی توسط نرم‌افزار استریونت می‌توان نمایش داد. استریونت قابلیت نشان دادن شیب و جهت شیب را بطور همزمان دارد، ضمن آنکه می‌توان میانگین حاصل از چند داده حاصل از یک مغزه را نمایش داد (مثلاً میانگین جهات اصلی RZ4-A1, RZ4-A2, RZ4-A3, RZ-A4 را بعنوان یک مغزه RZ4-A در نظر گرفت). علاوه بر این قابلیت‌ها، توسط استریونت می‌توان صفحه‌ای از k_1 و k_2 که قطب این صفحه k_3 می‌باشد عبور داد. این صفحه همان فولیاسیون مغناطیسی است.

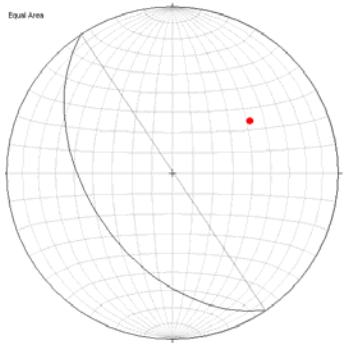
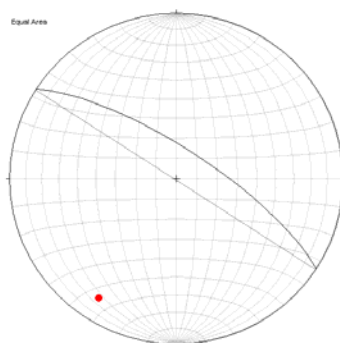
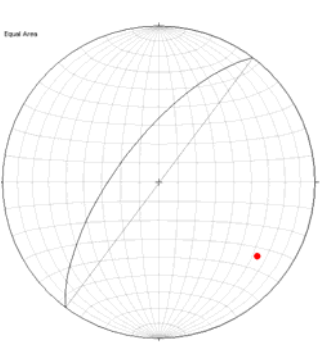
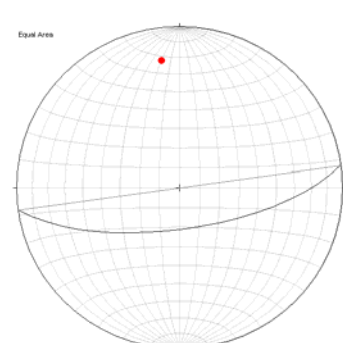
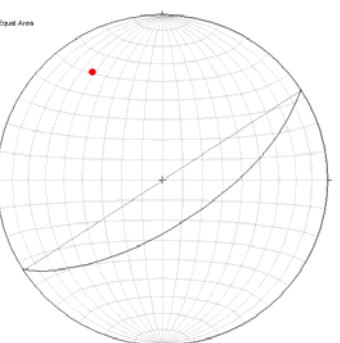
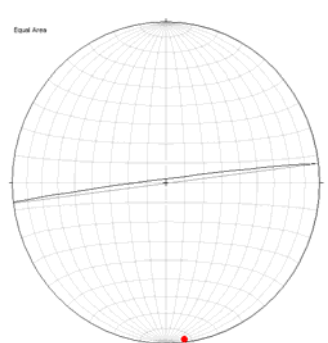
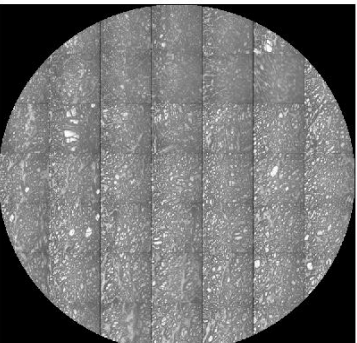

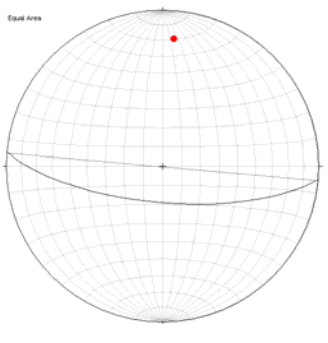
در شکل‌های ۴-۸ تا ۴-۱۴ نتایج اندازه‌گیری سه معدن رضا، نازآفرین و عزت بصورت استریونت نمایش داده شده است، ضمن اینکه نمونه‌ای از تصاویر ماکروسکوپی و میکروسکوپی کرومیت و دونیت در هر معدن آورده شده است. با مقایسه این تصاویر و فولیاسیون تا حدودی می‌توان به تطابق آنها با یکدیگر پی برد.

		
RZ4-C	RZ8-D	نمایش جهات اصلی مربوط به کل نمونه‌های کرومیتی معدن رضا
		
RZ4-C	RZ8-D	فولیاسیون برآیند کرومیت در معدن رضا
		
تصویر مقطع میکروسکوپی کرومیت در معدن رضا	تصویر لایه‌بندی کرومیت در معدن رضا	نمایش لایه‌بندی کرومیت در معدن رضا روی استریونت

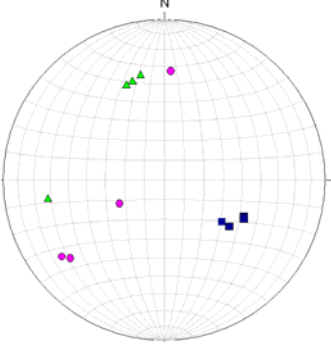
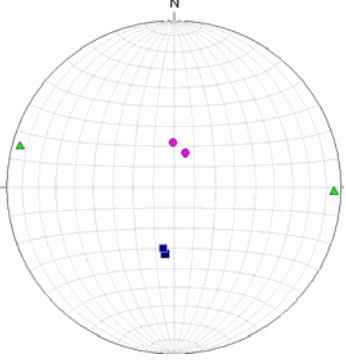
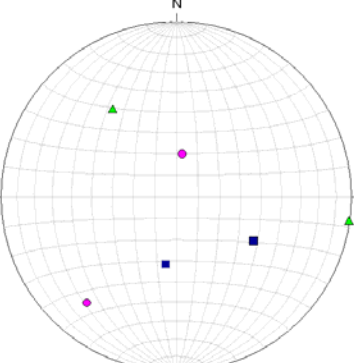
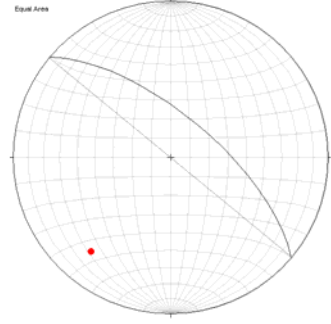
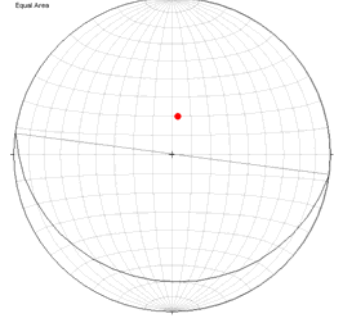
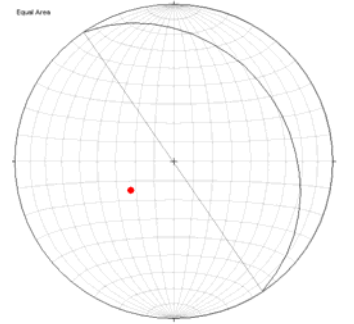
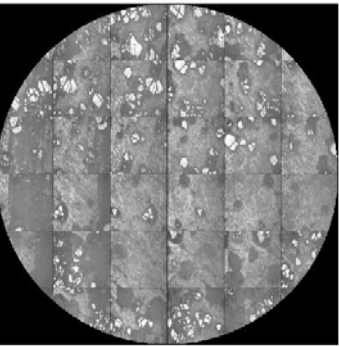

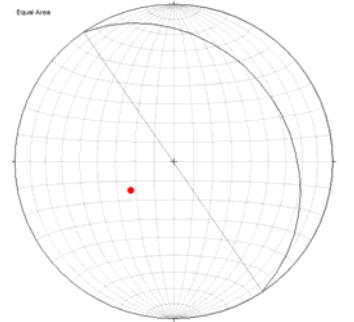
شکل ۴-۸- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های کرومیتی معدن رضا روی استریونت بصورت جهات اصلی (علائم: مربع = k_1 ، مثلث = k_2 و دایره = k_3) و فولیاسیون (صفحه‌گذرنده از k_1 و k_2 که بصورت دایره عظیمه مشخص است) و مقایسه آن با تصاویر ماکروسکوپی (عکس محل نمونه‌برداری) و تصاویر میکروسکوپی (تصاویر مقاطع نازک و صیقلی).



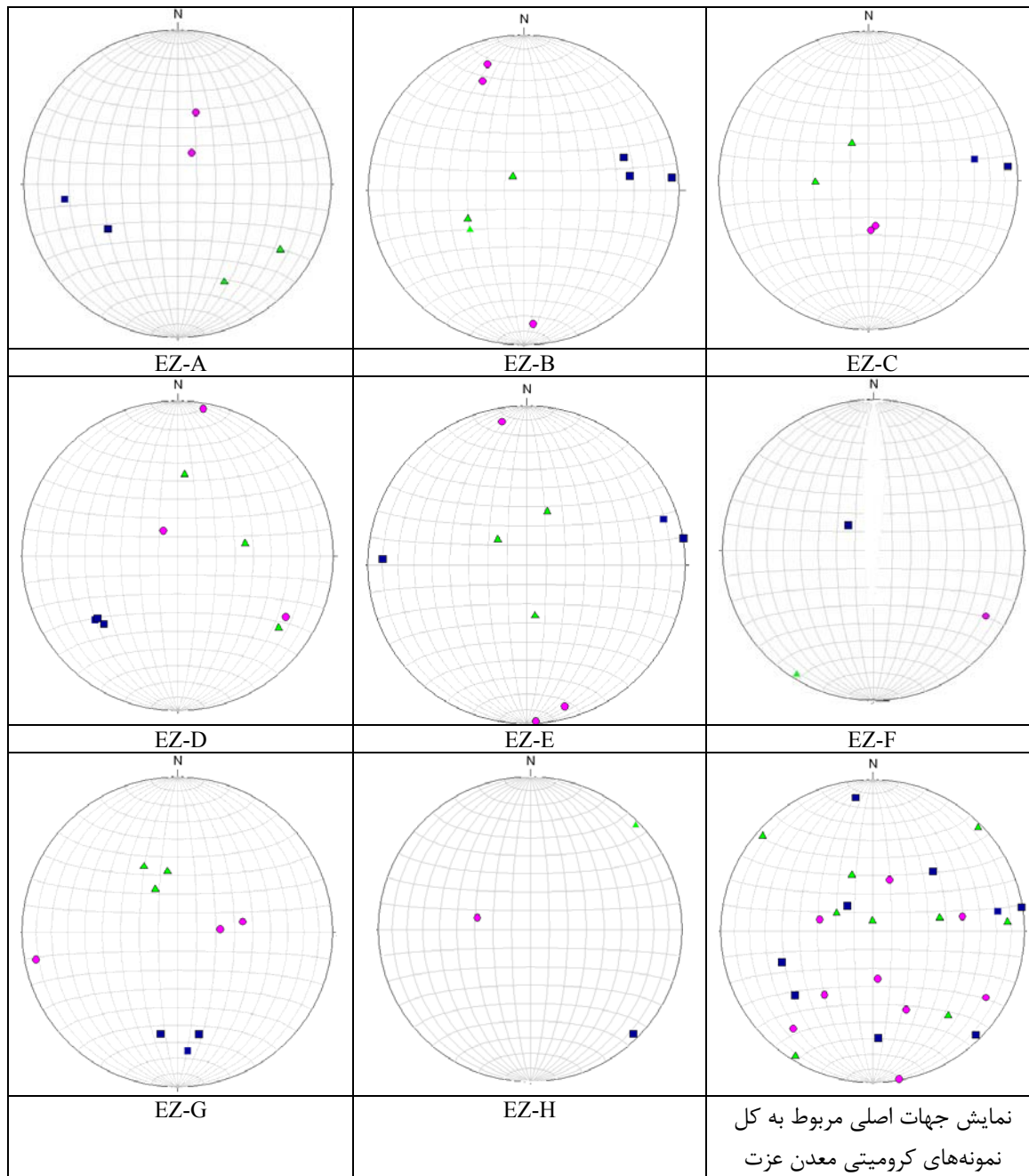
شکل ۴-۹- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های دونیتی معدن رضا روی استریونت بصورت جهات اصلی (علائم: مربع = k_1 ، مثلث = k_2 و دایره = k_3).

		
RZ4-A	RZ4-B	RZ4-D
		
RZ8-A	RZ8-B	RZ8-C
		
تصویر مقطع میکروسکوپی دونیت در معدن رضا	تصویر لایه‌بندی دونیت در معدن رضا	فولیاسیون برآیند دونیت در معدن رضا

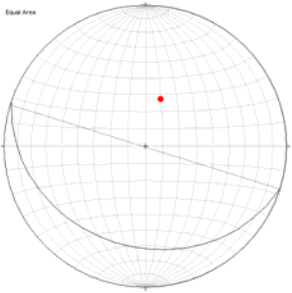
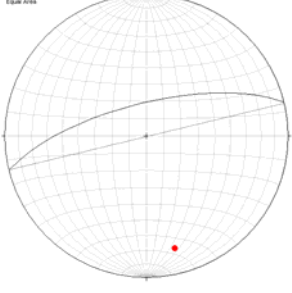
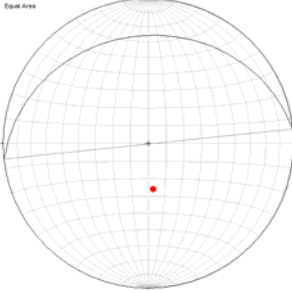
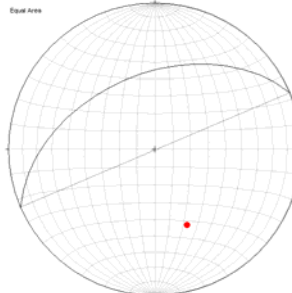
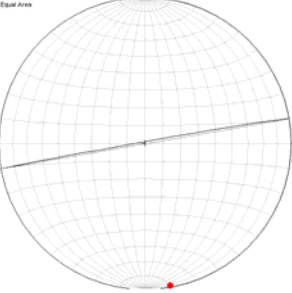
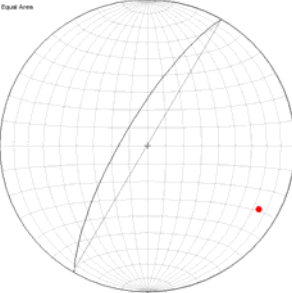
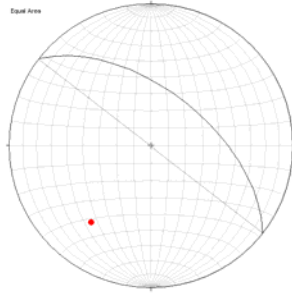
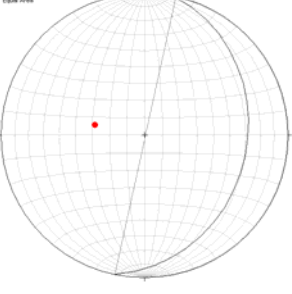
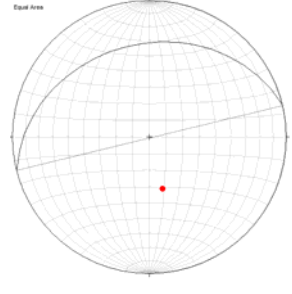
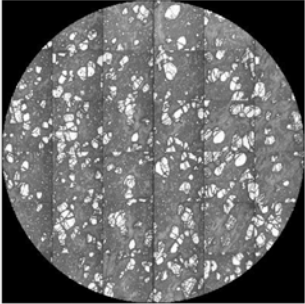

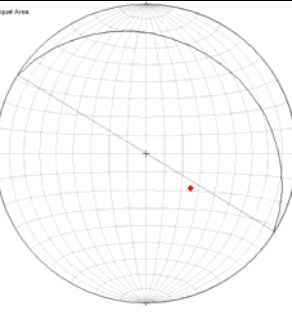
شکل ۴-۱۰- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های دونیتی معدن رضا روی استریونت بصورت فولیاسیون (صفحه گذرنده از k_1 و k_2 که بصورت دایره عظیمه مشخص است) و مقایسه آن با تصاویر ماکروسکوپی (عکس محل نمونه‌برداری) و تصاویر میکروسکوپی (تصاویر مقاطع نازک و صیقلی).

		
NAZ- A	NAZ- B	نمایش جهات اصلی مربوط به کل نمونه‌های کرومیتی معدن نازآفرین
		
NAZ- A	NAZ- B	فولیاسیون برایند کرومیت معدن نازآفرین
		
تصویر مقطع میکروسکوپی کرومیت در معدن نازآفرین	تصویر لایه‌بندی کرومیت در معدن نازآفرین	نمایش لایه‌بندی کرومیت در معدن نازآفرین روی استریونت

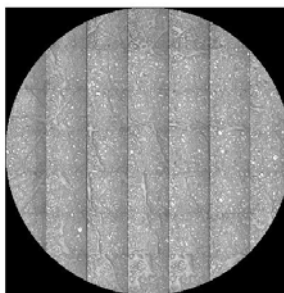
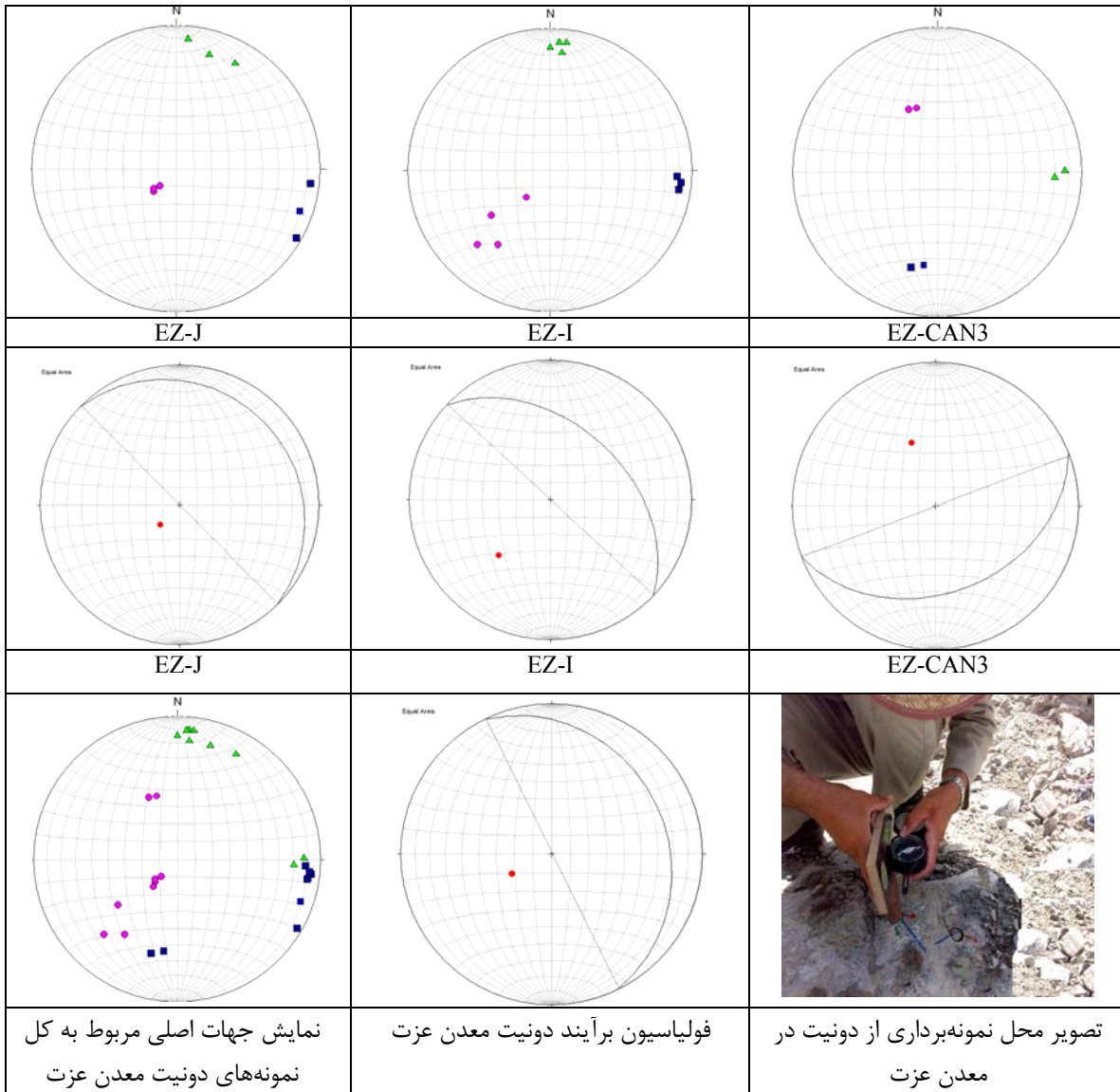
شکل ۴-۱۱- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های کرومیتی معدن نازآفرین روی استریونت بصورت جهات اصلی (علائم: مربع k_1 ، مثلث k_2 و دایره k_3) و فولیاسیون (صفحه گذرنده از k_1 و k_2 که بصورت دایره عظیمه مشخص است) و مقایسه آن با تصاویر ماکروسکوپی (عکس محل نمونه‌برداری) و تصاویر میکروسکوپی (تصاویر مقاطع نازک و صیقلی).



شکل ۴-۱۲- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های کرومیتی معدن عزت روی استریونت بصورت جهات اصلی (علائم: مربع = k_1 ، مثلث = k_2 و دایره = k_3).

		
EZ-A	EZ-B	EZ-C
		
EZ-D	EZ-E	EZ-F
		
EZ-G	EZ-H	فولیاسیون برآیند کرومیت معدن عزت
		
تصویر مقطع میکروسکوپی کرومیت در معدن عزت	تصویر لایه‌بندی کرومیت در معدن عزت	نمایش لایه‌بندی کرومیت در معدن عزت روی استریونت

شکل ۴-۱۳- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های کرومیتی معدن عزت روی استریونت بصورت فولیاسیون (صفحه‌گذرنده از k_1 و k_2 که بصورت دایره عظیمه مشخص است) و مقایسه آن با تصاویر ماکروسکوپی (عکس محل نمونه‌برداری) و تصاویر میکروسکوپی (تصاویر مقاطع نازک و صیقلی).



تصویر مقطع میکروسکوپی دونیت

شکل ۴-۱۴- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های دونیتی معدن عزت روی استریونت بصورت جهات اصلی (علائم: مربع = k_1 ، مثلث = k_2 و دایره = k_3) و فولیاسیون (صفحه‌گذرنده از k_1 و k_2 که بصورت دایره عظیمه مشخص است) و مقایسه آن با تصاویر ماکروسکوپی (عکس محل نمونه‌برداری) و تصاویر میکروسکوپی (تصاویر مقاطع نازک و صیقلی).

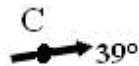
در شکل‌های ۴-۸ تا ۴-۱۰ نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های کرومیتی و دونیتی معدن رضا که خود شامل دو بخش رضا-۴ و رضا-۸ می‌شود نمایش داده شده است. در این شکلها تجمع محورهای k_1 (که با شکل مربع مشخص هستند) در مرکز استریونت دیده می‌شود که این موضوع نشان‌دهنده شیب زیاد لیناسیون می‌باشد. در اینجا صفحه فولیاسیون (صفحه گذرنده از k_1 و k_2) بصورت دایره عظیمه‌ای است که قطب آن بصورت دایره‌ای کوچک نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌کنید شیب این صفحه زیاد است و امتداد این صفحه تا حدودی غربی- شرقی است و جهت شیب این صفحه تقریباً به سمت شمال است که این موضوع با نتایج حاصل از مشاهدات صحرایی مطابقت خوبی را نشان می‌دهد.

در شکل ۴-۱۱ نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های معدن نازآفرین نمایش داده شده است. در اینجا شیب لیناسیون در حد متوسط است و صفحه فولیاسیون، امتداد تقریباً شمال غربی- جنوب شرقی و جهت شیب به سمت شمال شرق را نمایش می‌دهد که این نتایج هم تطابق خوبی را با مشاهدات صحرایی نشان می‌دهد.

شکل‌های ۴-۱۲ تا ۴-۱۴ مربوط به مغزه‌های معدن عزت است. در اینجا تجمع محور k_1 در کناره‌ها مشاهده می‌شود که نمایانگر شیب کم لیناسیون است. صفحه فولیاسیون در اینجا امتداد تقریباً شرقی - غربی دارد و شیب آن تا حدودی به سمت شمال است. این نتایج هم با مشاهدات صحرایی تطابق خوبی را نشان می‌دهد. ضمن اینکه در نتایج معادن دیگر که در پیوست به آن اشاره شده است نیز این تطابق مشهود است.

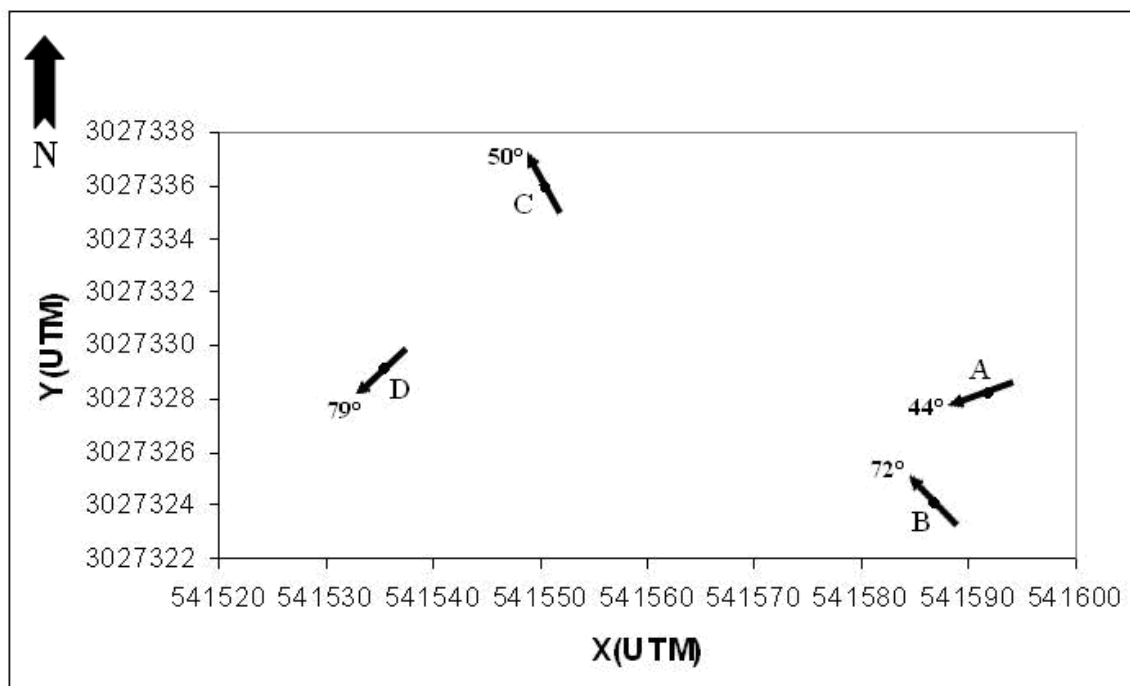
مجدداً یاد آور می‌شویم، در صورتیکه مختصات جغرافیایی هر ایستگاه را به صورت نقطه‌ای بر روی نقشه مبتنی بر رخنمون سنگهای مورد مطالعه ترسیم نمائیم، نقشه موقعیت ایستگاه‌ها بدست می‌آید. در شکل‌های ۴-۱۵ تا ۴-۲۲ لیناسیون و فولیاسیون هر ایستگاه برداشت که موقعیت جغرافیایی آن ایستگاه را قبلاً با GPS بر حسب UTM مشخص ساختیم، بطور جداگانه برای سه معدن رضا (شامل رضا ۴ و رضا ۸)، نازآفرین و عزت ترسیم نموده‌ایم.

لیناسیون و شیب لیناسیون را می‌توان با یک فلش و عدد ارائه شده در کنار آن ترسیم نمود. نمونه‌ای از فلش مذکور در سطر زیر مشخص است:

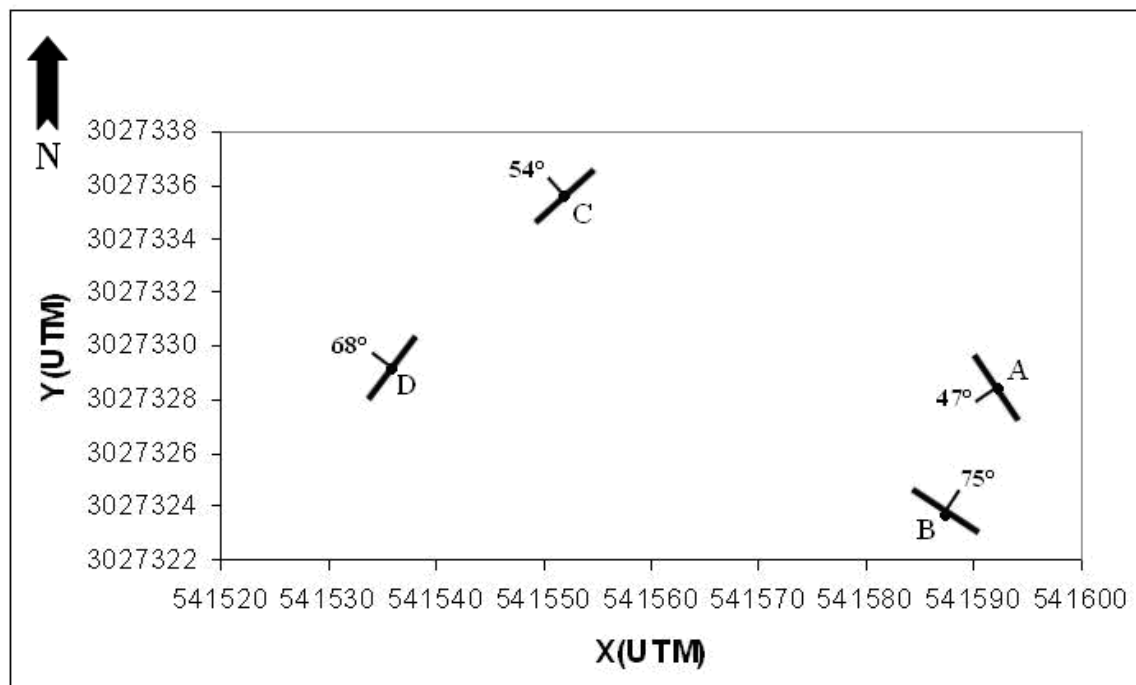


با توجه به روند لیناسیون، هر فلش نسبت به شمال نقشه توجیه می‌گردد، یا به عبارتی، با توجه به مقدار روند هر لیناسیون، فلش مورد نظر از محل شمال در جهت ساعتگرد چرخش داده می‌شود. برای نشان دادن مقدار شیب می‌توان از یک استریونت استفاده کرد و کل داده‌ها را هم‌زمان روی آن نشان داد. هم‌زمان بر روی استریونت موقعیت بهترین خط یا در واقع میانگین روند لیناسیونها نشان داده می‌شود. در صورتیکه با توجه به مختصات k_1 و k_3 فولیاسیون مغناطیسی را برای هر نقطه محاسبه و ترسیم نماییم، نقشه فولیاسیون مغناطیسی بدست می‌آید. برای این کار ابتدا خط بزرگ را در راستای آزیموت مورد نظر قرار می‌دهیم، سپس با توجه به جهت شیب، خط عمود کوچک را در راستای جهت شیب قرار می‌دهیم و مقدار شیب فولیاسیون را در مقابل آن قرار می‌دهیم. در سطر زیر نمونه‌ای از نماد فولیاسیون مغناطیسی نمایش داده شده است:

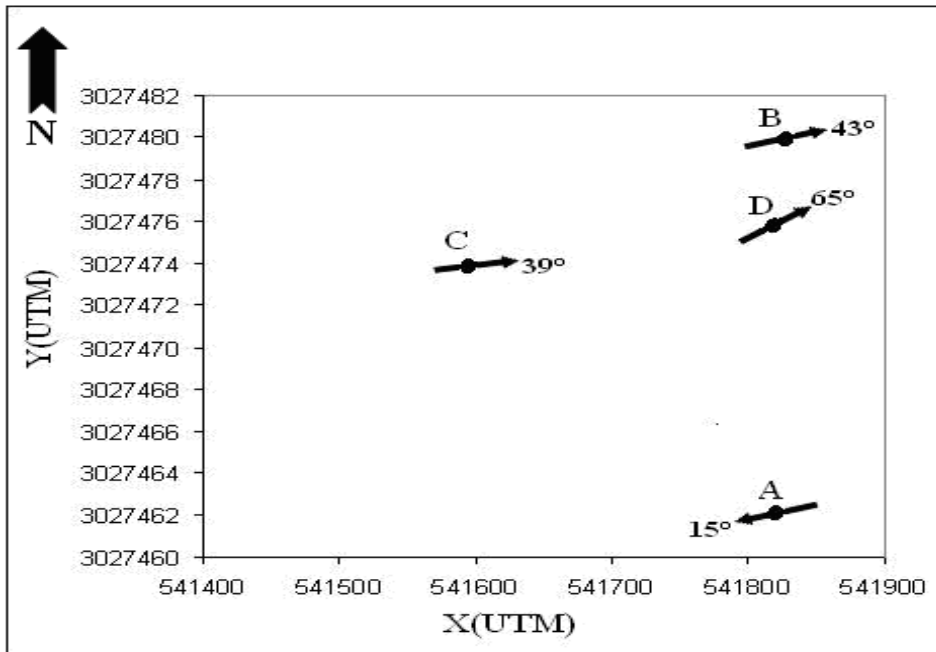




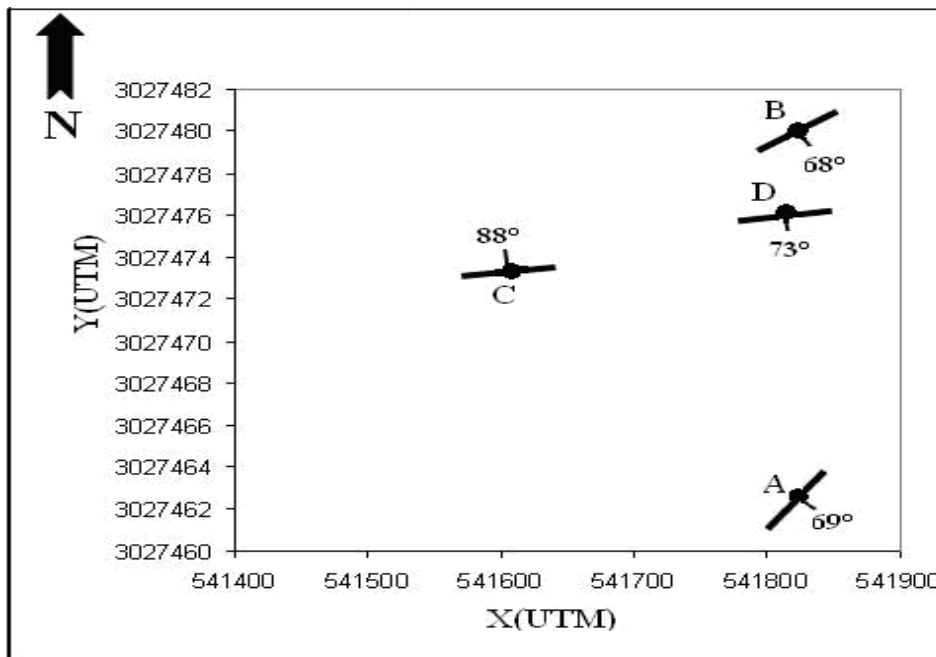
شکل ۴-۱۵- نمایش لیناسیون در ایستگاههای نمونه برداری معدن رضا-۴ (جهت لیناسیون بر اساس زاویه ساعتگرد نسبت به شمال جغرافیایی توجیه شده است).



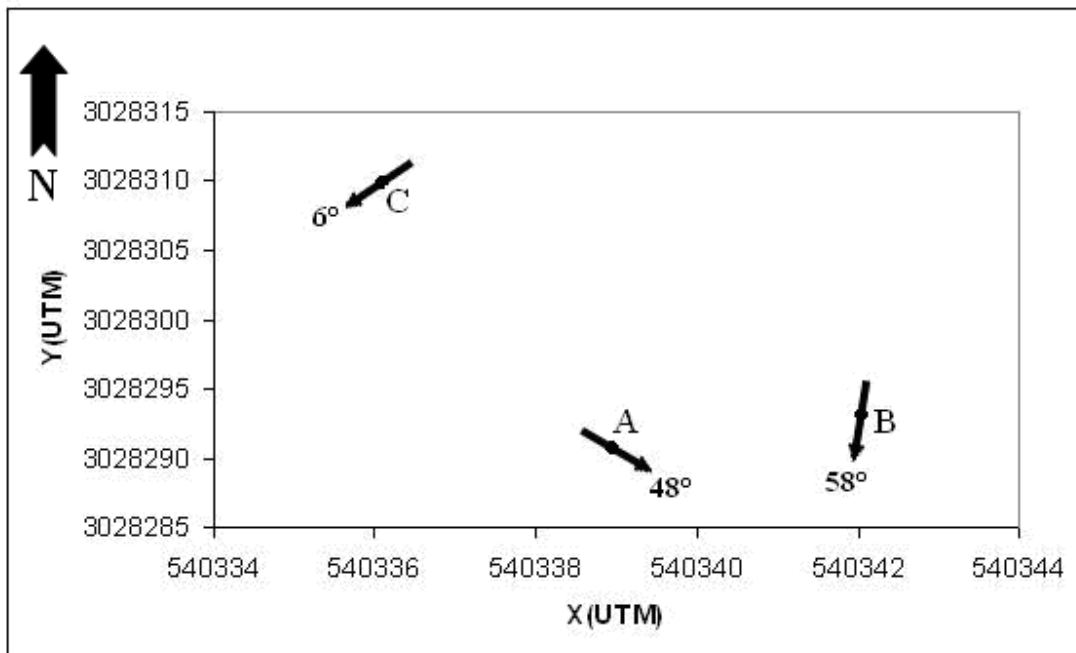
شکل ۴-۱۶- نمایش فولیاسیون در ایستگاههای نمونه برداری معدن رضا-۴ (جهت فولیاسیون بر اساس زاویه ساعتگرد نسبت به شمال جغرافیایی توجیه شده است).



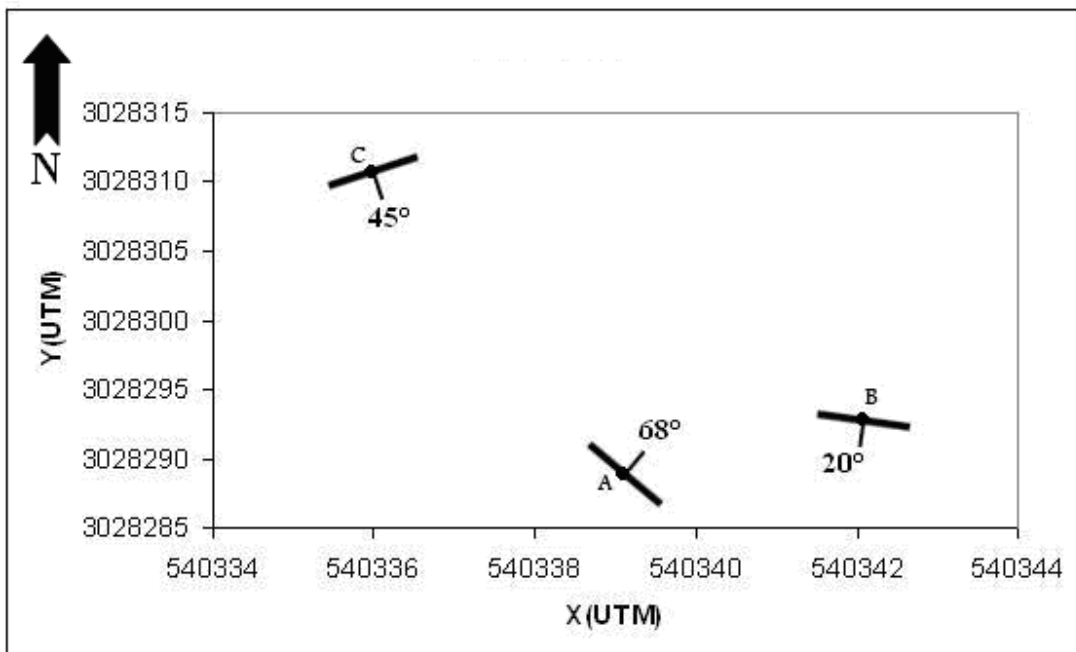
شکل ۴-۱۷- نمایش لیناسیون در ایستگاههای نمونه برداری معدن رضا-۸ (جهت لیناسیون بر اساس زاویه ساعتگرد نسبت به شمال جغرافیایی توجیه شده است).



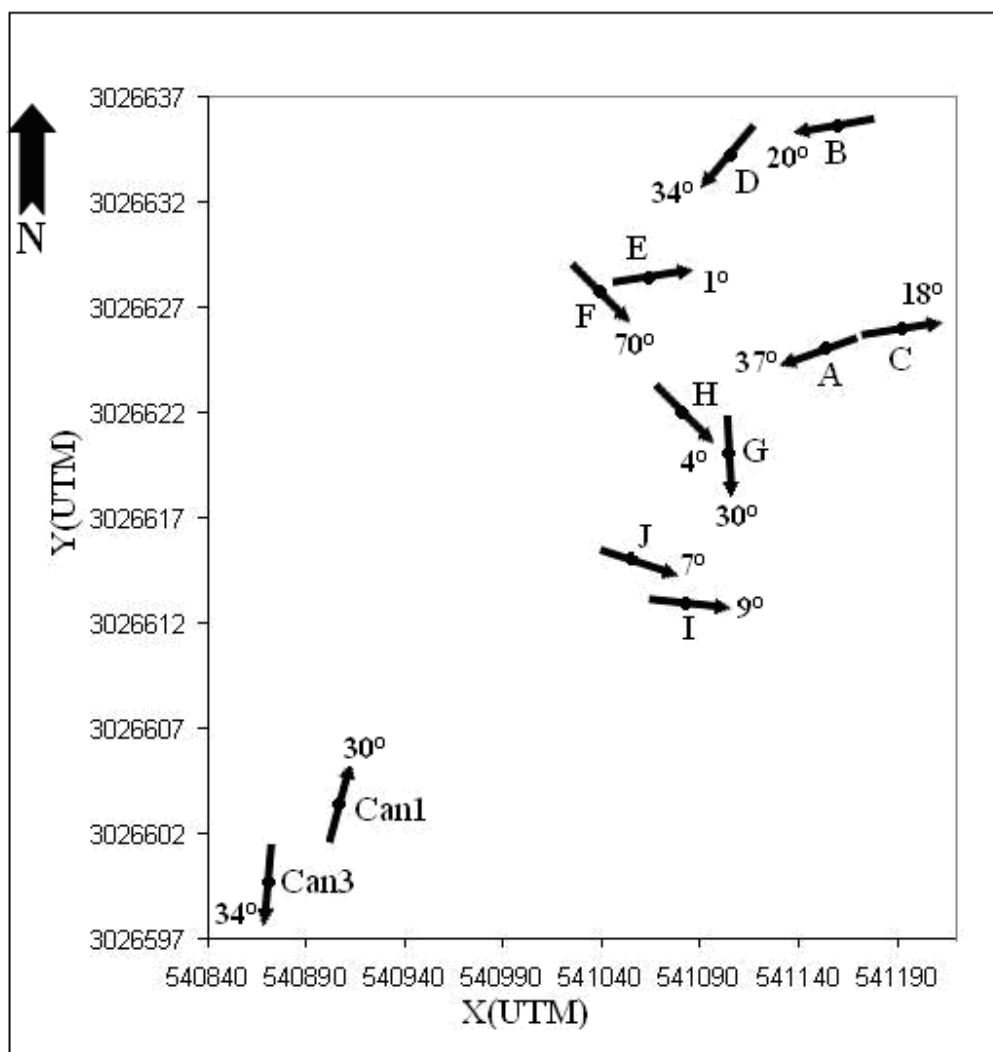
شکل ۴-۱۸- نمایش فولیاسیون در ایستگاههای نمونه برداری معدن رضا-۸ (جهت فولیاسیون بر اساس زاویه ساعتگرد نسبت به شمال جغرافیایی توجیه شده است).



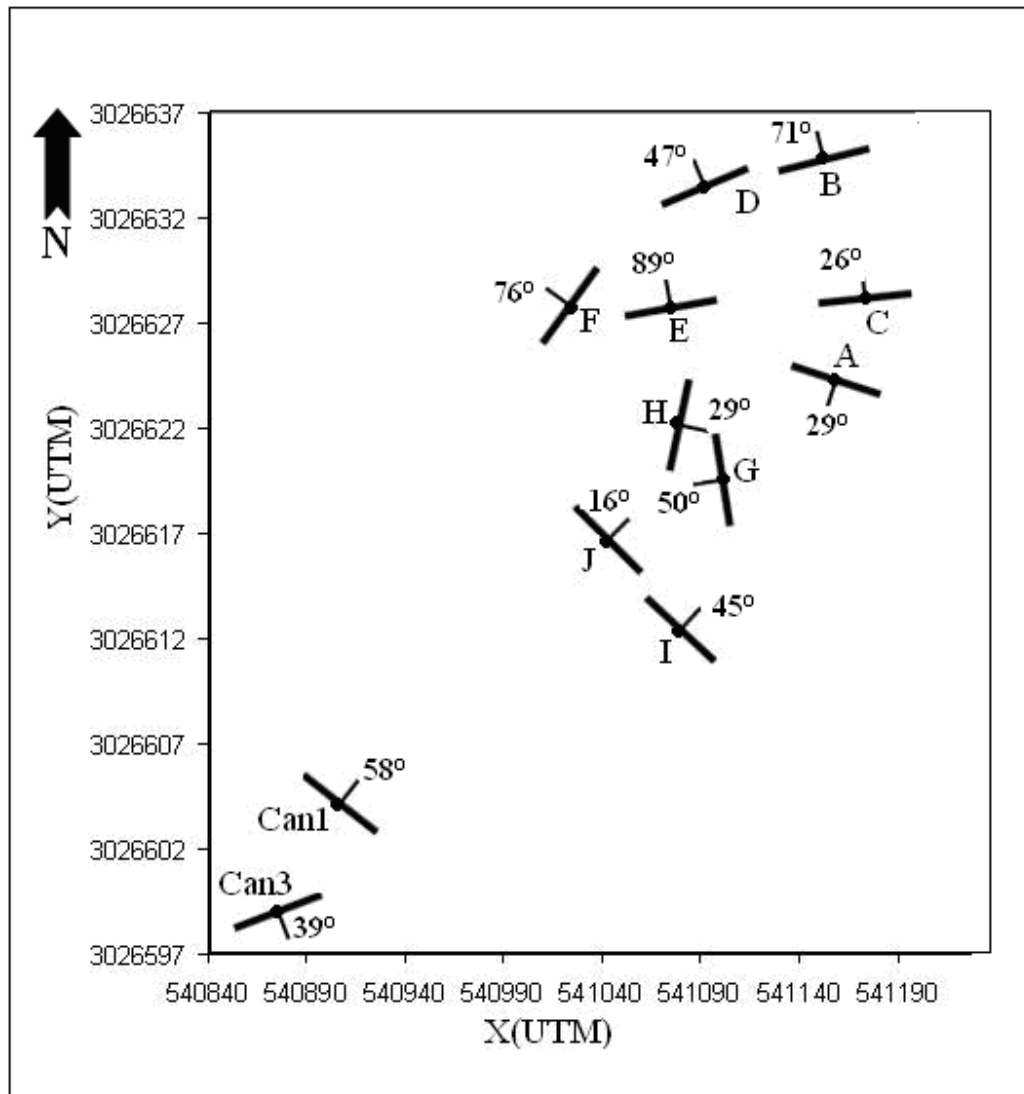
شکل ۴-۱۹- نمایش لیناسیون در ایستگاههای نمونه برداری معدن نازآفرین (جهت لیناسیون بر اساس زاویه ساعتگرد نسبت به شمال جغرافیایی توجیه شده است).



شکل ۴-۲۰- نمایش فولیاسیون در ایستگاههای نمونه برداری معدن نازآفرین (جهت فولیاسیون بر اساس زاویه ساعتگرد نسبت به شمال جغرافیایی توجیه شده است).



شکل ۴-۲۱- نمایش لیناسیون در ایستگاههای نمونه برداری معدن عزت (جهت لیناسیون بر اساس زاویه ساعتگرد نسبت به شمال جغرافیایی توجیه شده است).



شکل ۴-۲۲- نمایش فولیاسیون در ایستگاههای نمونه برداری معدن عزت (جهت فولیاسیون بر اساس زاویه ساعتگرد نسبت به شمال جغرافیایی توجیه شده است).
 نتایج لیناسیون و فولیاسیون همه ایستگاهها را می توان بصورت نقشه ای که موقعیت هر ایستگاه مشخص است نمایش دهیم (به شکل های ۴-۲۳ و ۴-۲۴ نگاه کنید). نقشه لیناسیون را در صورتیکه با نقشه زمین-شناسی منطقه تلفیق کنیم می توانیم یک مدل کلی از روند حرکتی ماگما و موقعیت مخزن ماگمایی بدست آوریم. البته این کار مستلزم نمونه برداری در سطح وسیعی از منطقه است و از آنجاییکه پژوهش ما در سطح معادن است وسعت کمتری را در بر می گیرد (حدود ۲۰ کیلومترمربع). روند کلی جهت گیری

کرومیت (لیناسیون غالب) و شیب و جهت شیب لایه‌ها (فولیاسیون غالب) برای محدوده تقریبی هر معدن در شکل‌های ۴-۲۵ و ۴-۲۶ آمده است.

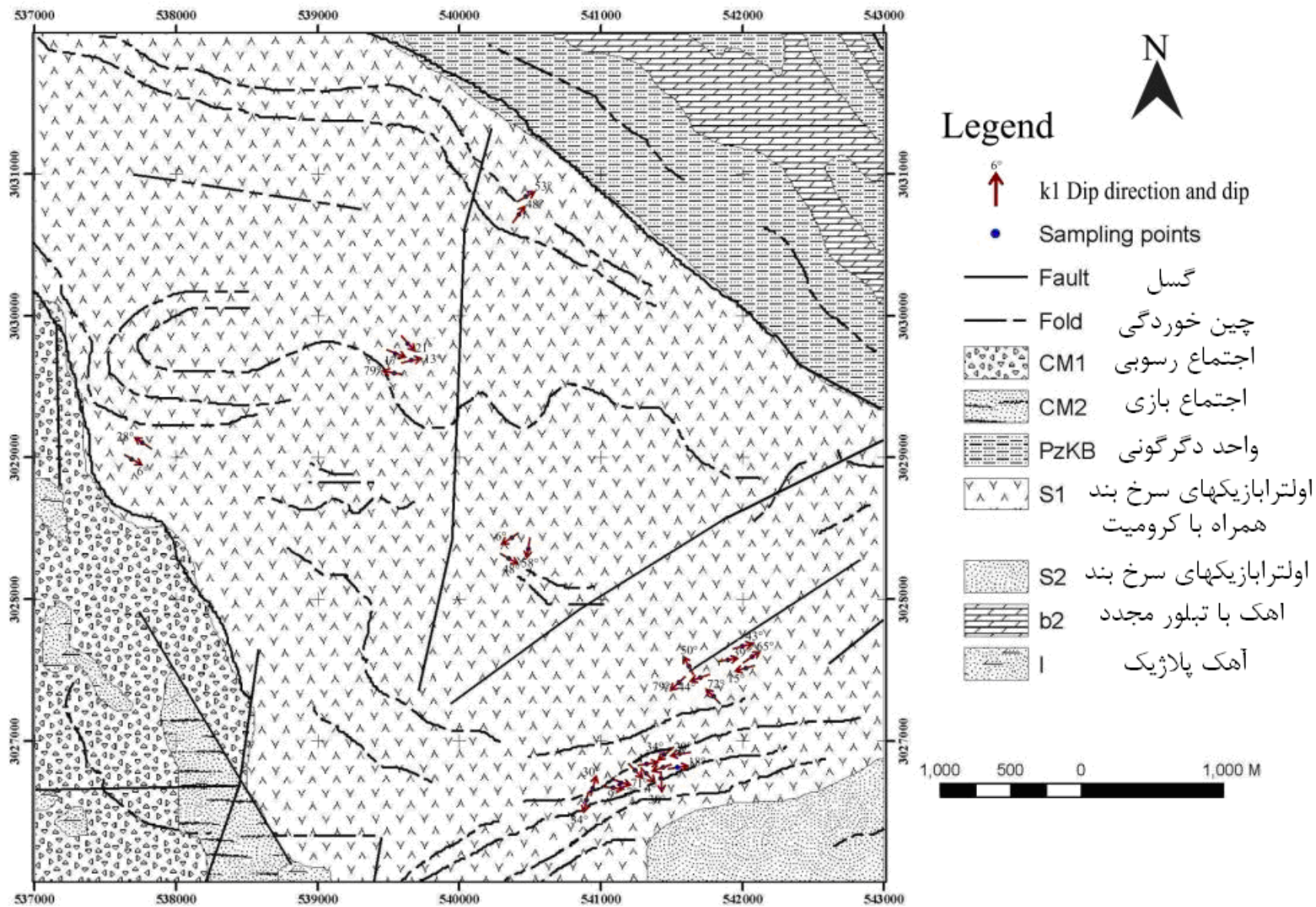
برای تعیین وضعیت هندسی لایه‌های حاوی ماده معدنی (جهت‌شیب و شیب)، نقشه فولیاسیون منطقه را بررسی می‌کنیم. وضعیت هندسی کانسارها بیشتر به واسطه نیروهای تکتونیکی عمل‌کننده است. برای مثال لایه‌های کرومیت در معدن عزت بیشتر با شیب کم تا افقی، در معدن نازآفرین دارای شیب متوسط و در معدن رضا با شیب نسبتاً زیاد تا قائم می‌باشد. با مقایسه فولیاسیون با مشاهدات صحرایی و داده حاصل از زمین‌شناسی ساختمانی (اندازه‌گیری شیب و امتداد لایه‌ها با کمپاس) می‌توان به تطابق نسبتاً خوب نتایج با یکدیگر پی برد. البته نقش خطا در هر مرحله‌ای از کار (مثل خطای برداشت صحرایی، خطای اندازه‌گیری با دستگاه و ...) غیر قابل انکار است و باید با بازه اطمینان قابل قبولی همراه باشد. در روش فابریک مغناطیسی بازه خطای قابل قبول ۱۰ درجه است (مثلاً اختلاف مقدار جهت‌شیب حاصل از اندازه‌گیری با کمپاس لایه کرومیتی با جهت‌شیب فولیاسیون حاصل از فابریک مغناطیسی تا حدود ۱۰ درجه کمتر یا بیشتر می‌تواند). در تحقیق ما این نتیجه‌گیری به وضوح می‌شود، برای مثال در معدن عزت که پژوهش ما بیشتر در این منطقه متمرکز شده است در جایی که اندازه‌گیری با کمپاس شیب لایه‌ها حدود ۳۰ درجه به سمت شمال‌غربی را نشان می‌دهد فولیاسیون شیب ۳۲ درجه به سمت شمال‌غربی است.

۴-۳- بحث و نتیجه‌گیری

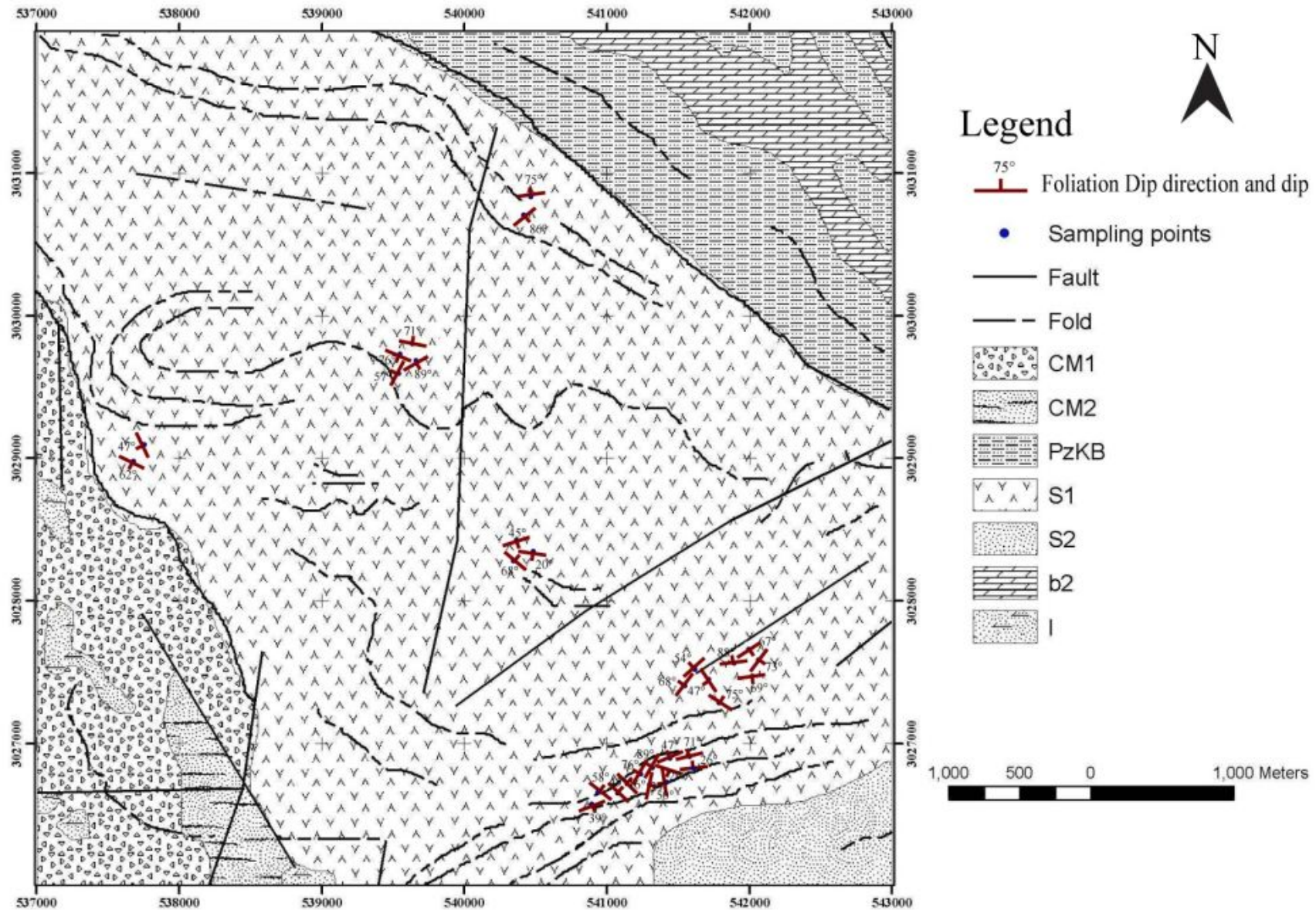
با توجه به مطالب بیان شده در این فصل، می‌توان گفت لیناسیون مغناطیسی (خطوارگی) و فولیاسیون مغناطیسی (برگوارگی) در اغلب نقاط برداشت، تطابق نسبتاً خوبی را با مشاهدات صحرایی در رابطه با شناسایی روند کلی لایه‌های کرومیتی در منطقه و مشخص شدن شیب و امتداد صفحه لایه‌بندی را نمایش می‌دهد. برای مثال روند تقریباً غربی- شرقی لایه‌ها در اغلب معادن نمونه‌برداری شده دیده می‌شود و آنچه تغییر می‌کند تغییر جهت شیب لایه‌ها است؛ در معدن عزت (در شرق معدن)، رضا و فطر شیب لایه‌ها به سمت شمال‌غربی و در معدن عزت (بخش جنوبی)، نازآفرین، شاهین و شهریار به سمت شمال شرقی می‌باشد. این تغییر جهت شیب می‌تواند ناشی از اعمال نیروهای تکتونیکی قوی که پیامد آن ایجاد گسل و چین‌خوردگی است (که به وضوح در منطقه دیده می‌شود) باشد. از روش فابریک مغناطیسی می‌توان در شناسایی این عوامل که شاید قابل رؤیت نباشد (مثل گسل‌های پنهان) استفاده کرد.

مورد دیگری که مشهود است استفاده از پارامتر حساسیت مغناطیسی کل (k_m) به عنوان یک معیار برای جدایش کانیهای فرومغناطیس از دیگر کانیهاست. البته لازمه این کار نمونه‌گیری از اغلب نقاط منطقه یا عبارتی کاهش فواصل نمونه‌برداری می‌باشد. در این صورت است که می‌توان نقشه منحنی میزانی ترسیم نمود که تغییرات k_m را در هر نقطه نمایش دهد.

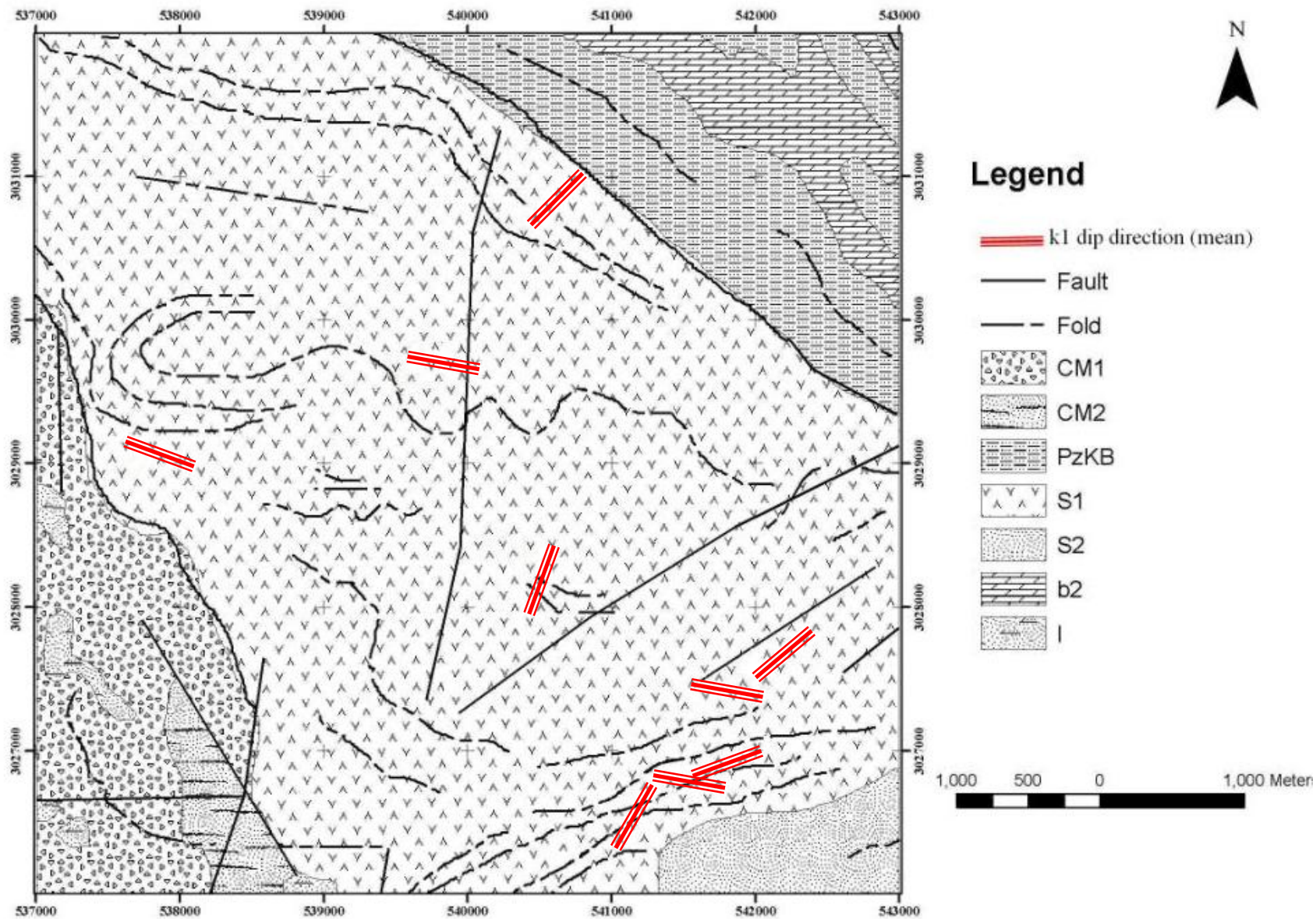
در فصل بعد از روش آنالیز فرای به عنوان یک روش مکمل برای فابریک مغناطیسی صحبت می‌کنیم تا صحت نتایج این بخش تأیید شود.



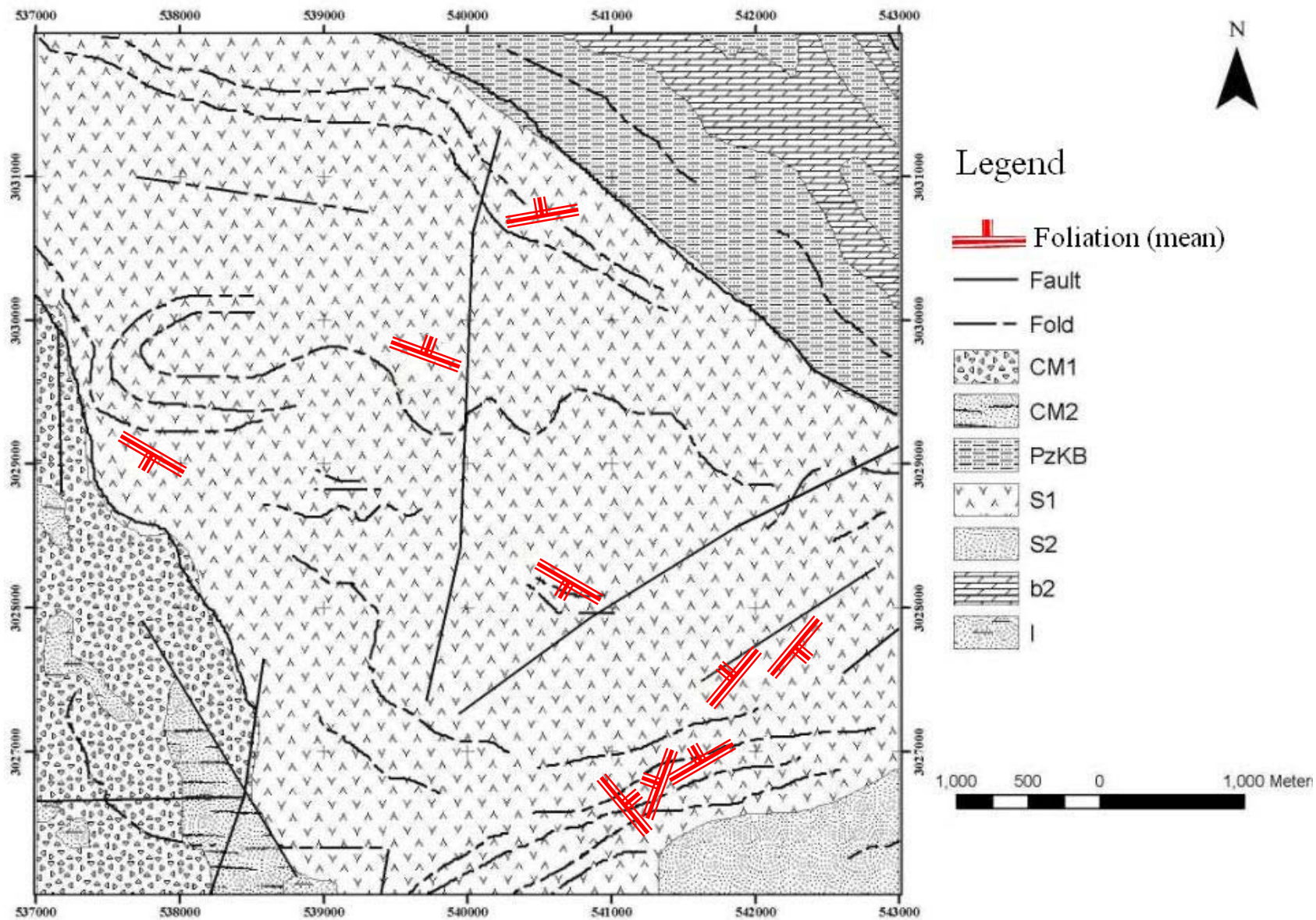
شکل ۴-۲۳- نمایش مقادیر جهت شیب و شیب لیناسیون ایستگاههای نمونه برداری بر روی نقشه زمین شناسی منطقه.



شکل ۴-۲۴- نمایش مقادیر جهت‌شیب و شیب فولیاسیون ایستگاههای نمونه‌برداری بر روی نقشه زمین‌شناسی منطقه.



شکل ۴-۲۵- نمایش روند غالب لیناسیون ایستگاههای نمونه برداری بر روی نقشه زمین شناسی منطقه.



شکل ۴-۲۶- نمایش روند غالب فولیاسیون ایستگاههای نمونه برداری بر روی نقشه زمین شن

فصل پنجم:

روش آنالیز فرای

در پروژه‌های اکتشافی از فاز ناحیه‌ای گرفته تا تخمین ذخیره، تشخیص توزیع فضائی کانی سازی از موارد با اهمیت تلقی می‌شود. روشهای متنوعی برای شناخت چنین توزیعی وجود دارد که هر یک بنا به نقطه ضعف و قوت خود، در زمینه معینی کاربرد مناسبتری دارد. برای مثال تکنیک زمین‌آمار در تخمین ذخیره و تکنیکهای فرکتال در تشخیص الگوهای ناحیه‌ای و در زمین‌شناسی ساختمانی کاربرد بهتری دارند. آنالیز فرای^۱ می‌تواند به عنوان یک روش مکمل برای روشهای فرکتال در زمینه برداشت‌های زمین‌شناسی ساختمانی در اکتشاف به کار رود. در اصل این روش هندسی، از خود همبستگی فضائی داده نقطه‌ای استفاده می‌کند. یکی از موارد، کانی‌سازی است که می‌توان به نقطه‌ای از محیط روش، ویژگی معینی را نسبت داد و سپس براساس فاصله و جهت، روابط هندسی را بین نقاط برقرار کرد که بتواند منعکس کننده ارتباط فضائی بین آنها باشد. از آنجا که در این روش متغیرهای فاصله و جهت اساس کار را تشکیل می‌دهند، این روش شبیه واریوگرام جهتی عمل می‌کند و می‌توان آن را مکمل این روش دانست [حسنی پاک، ۱۳۸۴].

1 -Fry analysis.

۵-۲- تئوری آنالیز فرای

در این روش از روابط فضائی مرکز به مرکز استفاده می‌شود. هر رابطه مرکز به مرکز به عنوان یک نقطه در نمودار قطبی که تابعی از جهت و فاصله می‌باشد، تصویر شده است. این روابط تا زمانی که همه نقاط به عنوان مرکز مورد استفاده قرار گیرند ادامه دارد. گراف نهایی، گراف جدایش اشیا یا پلات فرای^۱ نام دارد. برای n نقطه داده، n^2-n رابطه فضائی وجود دارد [de palemora, 2004].

از آنجا که کنترل کننده‌های ساختاری مانند درزه و گسل‌ها در کانی‌سازی نقش تعیین کننده‌ای را ایفا می‌کنند، بررسی روند کلی آنها و مقایسه آنها با روند کانی‌سازی می‌تواند ما را به سوی یافتن اندیسهای اکتشافی رهنمون سازد.

۵-۳- ارتباط روش آنالیز فرای با روش فابریک مغناطیسی

همانطور که در بخشهای قبل توضیح دادیم، نتایج فابریک مغناطیسی به عنوان یک روش کارآمد و جدید در آنالیز پتروفابریک در صورتیکه با نتایج حاصل از داده زمین‌شناسی ساختمانی و کانی‌شناسی تلفیق گردد نتایج قابل قبولی دربرخواهد داشت. آنالیز فرای به عنوان یک روش مکمل برای روش فابریک مغناطیسی، یک روش ساده و مؤثر در تحلیل داده زمین‌شناسی ساختمانی و کانی‌شناسی است، بدین صورت که نمونه‌های برداشت شده توسط روش فابریک در روش فرای هم می‌تواند استفاده گردد. از این نمونه‌ها می‌توان مقطع صیقلی و یا مقطع نازک تهیه کرد و توسط میکروسکوپیهای الکترونی دقیق که قابلیت اتصال به کامپیوتر و مشاهده تک‌تک ذرات کرومیت بر روی صفحه نمایش را دارد و متعاقباً عکسبرداری از مقطع مورد نظر با توجه به توجیه‌بودن جهت شمال جغرافیایی روی تصویر مورد نظر، آن را به عنوان یک ورودی برای نرم‌افزار آنالیز فرای مورد استفاده قرار داد (نمونه‌ای از این تصاویر در شکل ۵-۱

1- Fry plot.

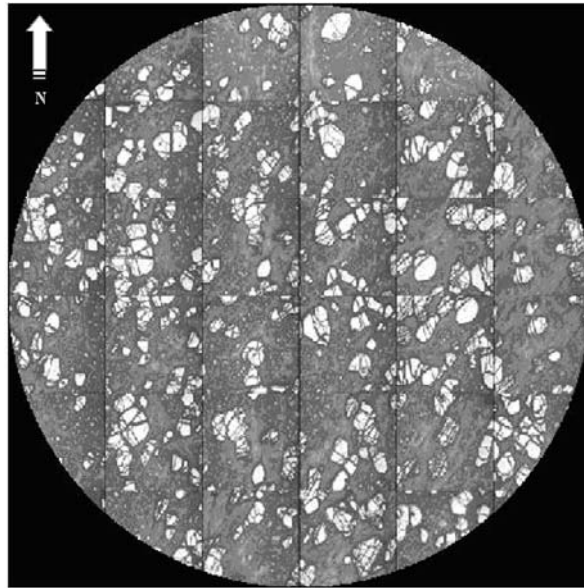
نمایش داده شده است؛ البته از لایه‌بندی کرومیت در صحرا به طور مستقیم توسط دوربین‌های دیجیتال با کیفیت بالا می‌توان عکسبرداری نمود و به عنوان یک ورودی استفاده کرد (نمونه‌ای از این تصاویر در شکل ۴-۵ نمایش داده شده است).

۴-۵- استفاده از روش فرای در معدن عزت

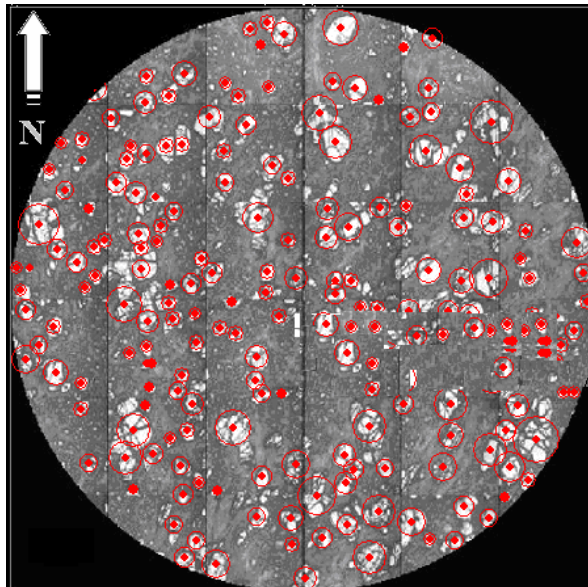
معدن عزت به عنوان یک منطقه هدف در اکتشاف کرومیت می‌باشد. از این لحاظ ما بیشترین نمونه‌برداری و متعاقباً تهیه مغزه از رخنمون‌های کرومیتی را در محدوده این معدن انجام دادیم، به همین منظور ما روش فرای را به عنوان یک روش مکمل برای فابریک مغناطیسی برای این معدن به کار می‌بریم. در مجموع تعداد ۱۲ تصویر میکروسکوپی تهیه شده از مقاطع مختلف و تصاویر ماکروسکوپی لایه‌های کرومیت در معدن عزت به عنوان ورودی نرم‌افزار جدید Fabric8 که مربوط به تحلیل داده زمین‌شناسی ساختمانی است استفاده گردید.

پس از بافر زدن محدوده تک‌تک ذرات کرومیت (نمونه‌ای از این ذرات تقریباً کروی شکل سفیدرنگ در شکل ۵-۱ مشاهده می‌شود)، روابط مرکز به مرکز فضایی به طور اتوماتیک توسط نرم‌افزار ایجاد می‌شود. شکل ۵-۱، یک مثال از نمودارهای فرای می‌باشد که متعلق به نمونه C1 است. این نمودار حاصل از ۱۹۰ نقطه داده است (نقاط به صورت مرکز دوایر در شکل ۵-۲ مشخص هستند). علت زیاد بودن داده (نقاط)، شکستگی بیش از حد دانه‌های کرومیتی به علت اعمال تنش‌های تکتونیکی قوی است. پیامد این موضوع، تعداد ۳۵۹۱۰ رابطه فضائی است که به صورت نقاط ریز در شکل ۵-۳ دیده می‌شود. زاویه Φ ، زاویه بین محور بزرگ بیضی با خط افق در جهت پادساعتگرد است و R نسبت قطر بزرگ بیضی به قطر کوچک آن است. برای یافتن جهت‌گیری ذرات کرومیت، مقدار زاویه Φ با جهت شمال را بدست می‌آوریم (Φ). در این نمونه زاویه Φ برابر ۲۴ درجه و در نتیجه زاویه Φ برابر ۶۶ درجه می‌باشد.

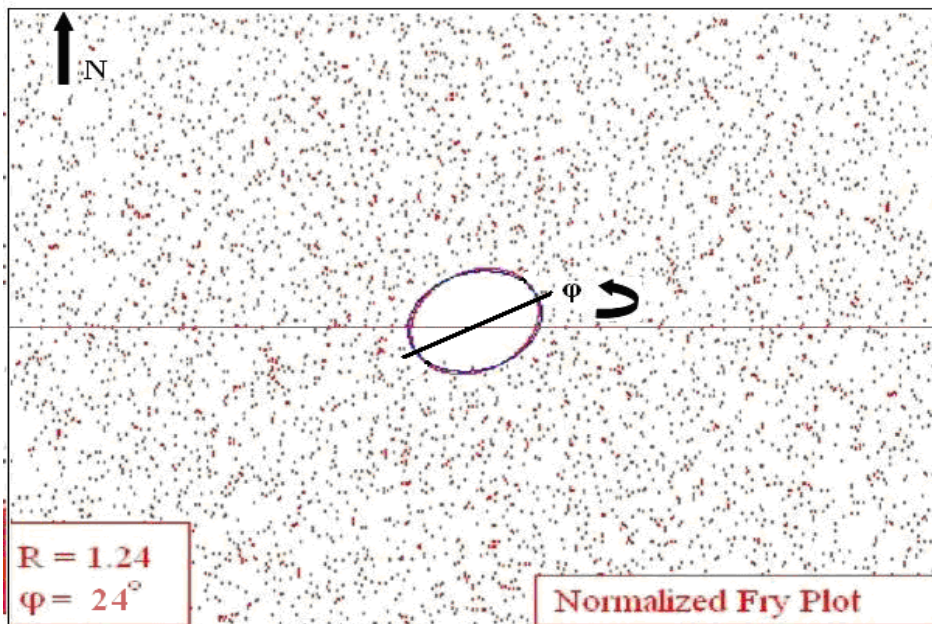
شکل ۴-۵ تا ۶-۵ مربوط به نمونه ماکروسکوپی P است. در این نمونه زاویه φ برابر ۲۴- درجه و در نتیجه زاویه Φ برابر ۱۱۴ درجه می‌باشد. لازم به تذکر است که نامگذاری نمونه‌ها دلیل بر این نکته نیست که این نمونه‌ها دقیقاً همان مغزه‌های مورد استفاده در فابریک مغناطیسی می‌باشند.



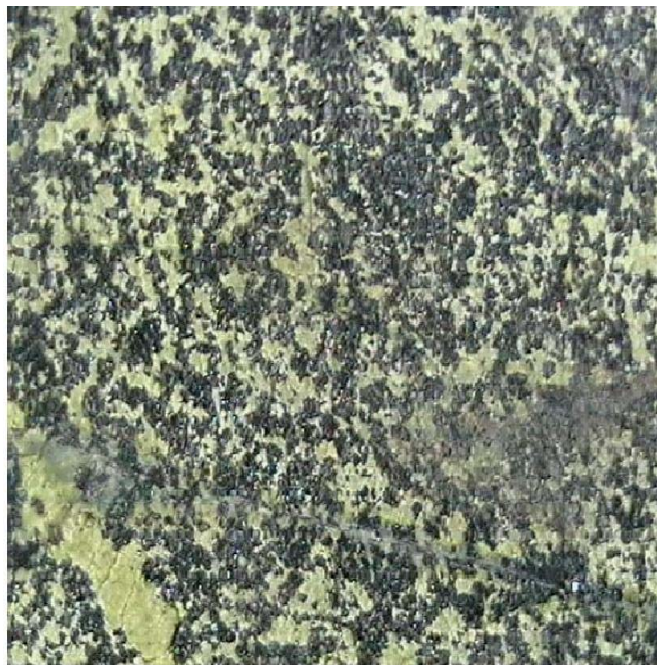
شکل ۵-۱- تصویر مقطع میکروسکوپی متعلق به نمونه C1.



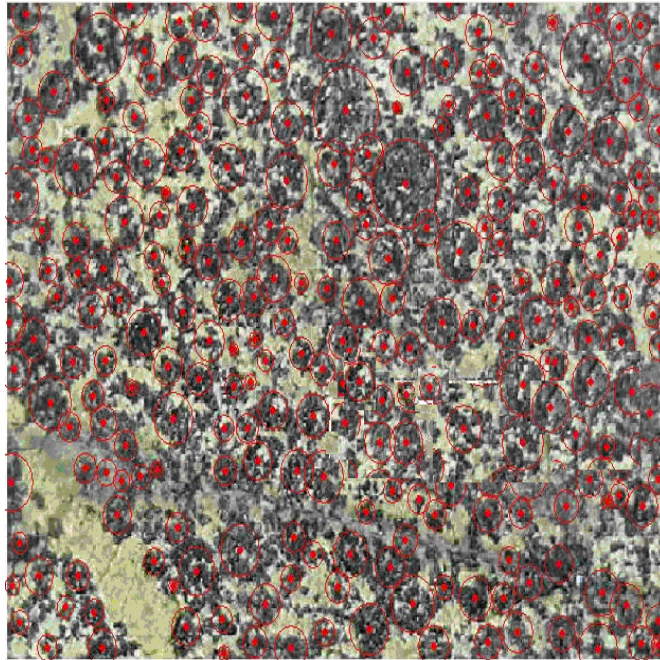
شکل ۵-۲- تصویر مقطع میکروسکوپی پس از بافر زدن در محیط نرم‌افزار متعلق به نمونه C1.



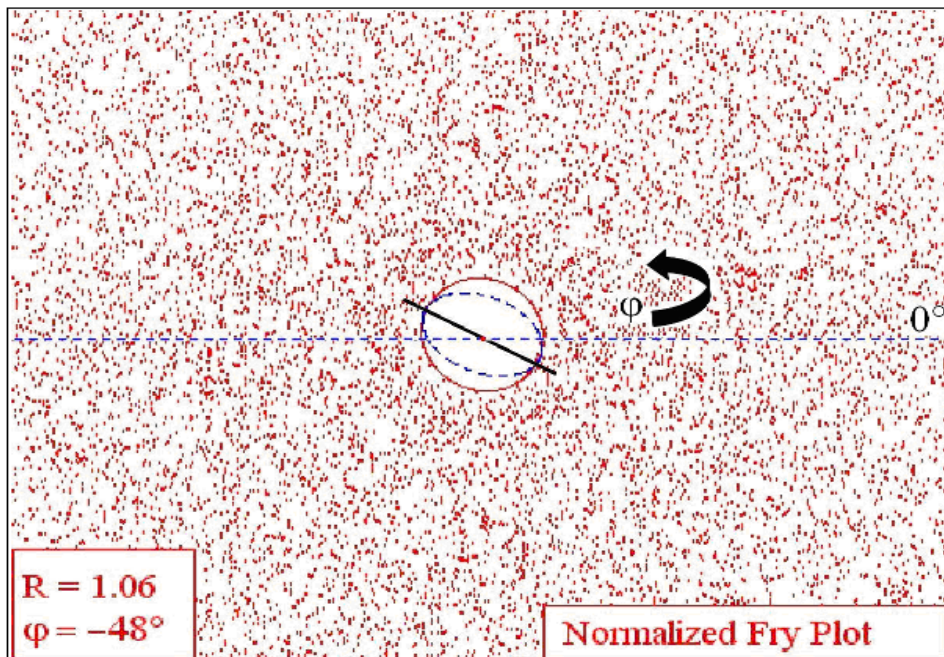
شکل ۳-۵- نمودار فرای نرمال تخمین زده شده، متعلق به نمونه C1.



شکل ۴-۵- تصویر نمونه ماکروسکوپی متعلق به نمونه p.



شکل ۵-۵- تصویر نمونه ماکروسکوپی متعلق به نمونه P پس از بافر زدن.

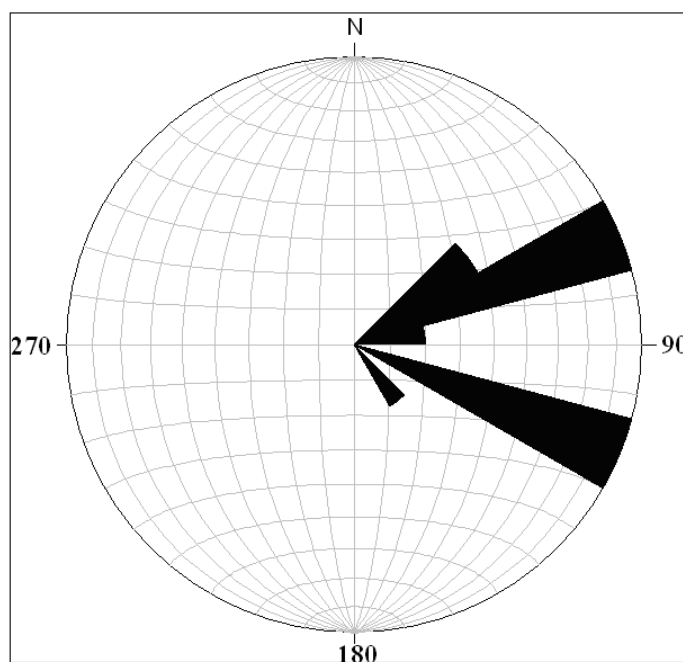


شکل ۵-۶- نمودار فرای نرمال تخمین زده شده، متعلق به نمونه P.

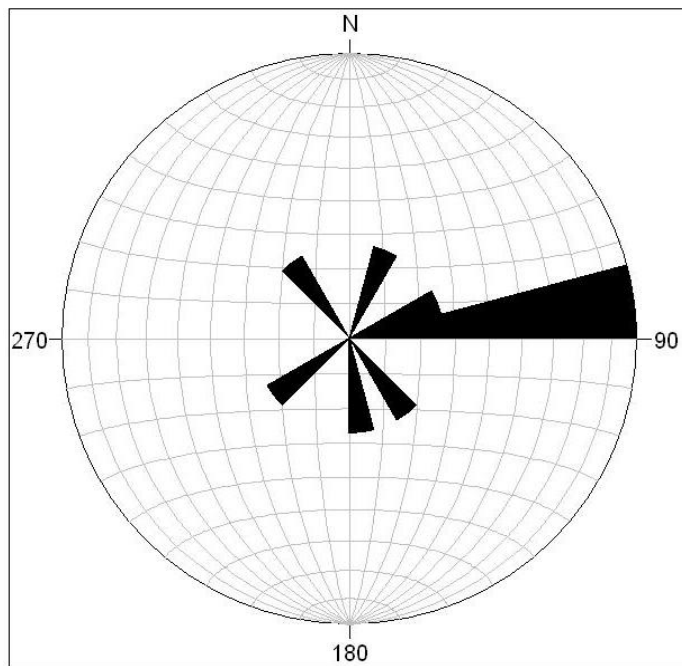
مجموع نتایج حاصل از همه نمونه‌ها بصورت جدول ۵-۱ مشخص است، همچنین توزیع کلی این جهات بصورت نمودار گل‌سرخ (Rose diagram) در شکل ۵-۷ نمایش داده شده است.

جدول ۵-۱- جهت یافتگی ذرات کرومیت در نمونه های متعلق به کانسار عزت.

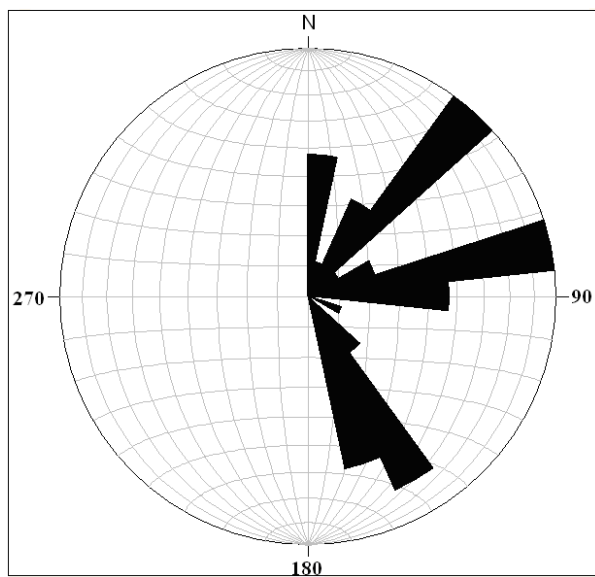
نوع نمونه	عنوان نمونه	زاویه ϕ (درجه)	زاویه Φ با جهت شمال (Φ) (درجه)
میکروسکوپی	A1	۲۰	۷۰
میکروسکوپی	B1	۳۶	۵۴
میکروسکوپی	B2	-۱۷	۷۳
میکروسکوپی	B3	-۲۱	۱۱۱
میکروسکوپی	C1	۲۴	۶۶
میکروسکوپی	C2	۳	۸۷
میکروسکوپی	C3	۲۹	۶۱
میکروسکوپی	E2	-۵۹	۱۴۹
میکروسکوپی	H	۴۰	۵۰
میکروسکوپی	Can	-۲۷	۱۱۷
ماکروسکوپی	D-2	-۲۳	۱۱۳
ماکروسکوپی	P	-۲۴	۱۱۴



شکل ۵-۷- دیاگرام گل سرخی مربوط به امتداد یافتگی کرومیت در معدن عزت.



شکل ۵-۸- دیاگرام گل سرخی مربوط به روند کرومیت در معدن عزت (لیناسیون غالب).



شکل ۵-۹- دیاگرام گل سرخی مربوط به شکستگیها (کنترل کننده های ساختاری) در معدن عزت.

۵-۵- مقایسه و نتیجه‌گیری

همانطور که در ابتدای این فصل گفتیم برای تکمیل بررسیهای مطالعات فابریک مغناطیسی از روش فرای استفاده می‌کنیم. از اینرو سه نمودار گل‌سرخ‌ی در شکل‌های ۷-۵ تا ۹-۵ را بررسی می‌کنیم. همانطور که در شکل ۷-۵ دیده می‌شود، دو روند کلی حدود ۶۰ تا ۸۰ درجه و ۱۰۵ تا ۱۲۰ درجه برای ادامه‌یافتگی عدسیهای کرومیتی در منطقه عزت می‌توان متصور شد؛ از طرفی شکل ۸-۵، یک روند کلی (لیناسیون غالب حاصل از فابریک مغناطیسی) ۸۰ تا ۹۰ درجه در محدوده مورد نظر را نشان می‌دهد. با مقایسه این دو نمودار با شکل ۸-۵ که نمایانگر توزیع شکستگیهای موجود در منطقه که خود این شکستگیها شامل گسل‌ها و درزه‌ها می‌باشند (این نمودار سه روند کلی شکستگی ۴۰ تا ۵۰ درجه، ۷۰ تا ۸۰ درجه و ۱۴۰ تا ۱۵۰ درجه را نمایش می‌دهد) می‌توان گفت: با توجه به وجود خطای احتمالی در روش به کار برده شده و خطاهای برداشت، یک روند کلی میانگین حدود ۷۰ تا ۱۲۰ درجه می‌توان در ادامه‌یافتگی عدسیهای کرومیتی در نظر گرفت، یا به عبارتی یک روند شکستگی تقریباً شرقی- غربی به عنوان کنترل‌کننده ساختاری در کانی‌سازی نقش اساسی دارد. البته باز هم باید متذکر شویم این روش‌ها مکمل دیگر روشهای تشخیص الگو می‌باشند و بررسی‌های دقیقتری در این زمینه باید صورت گیرد.

فصل ششم:

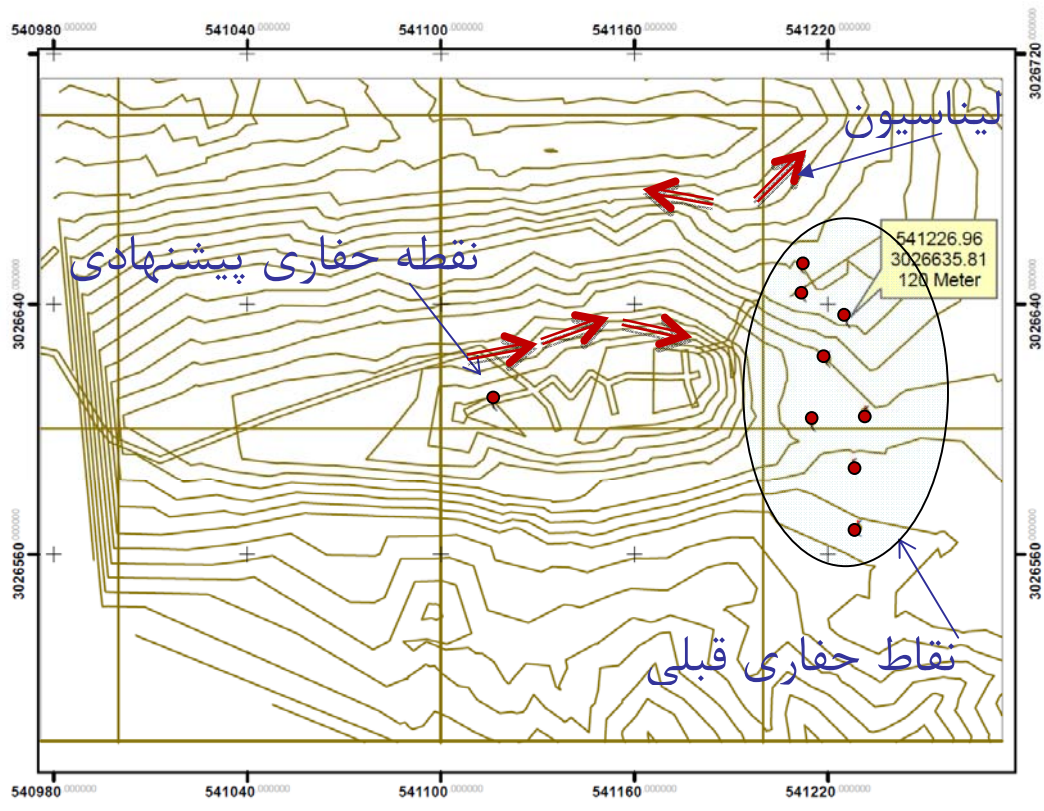
نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

آنچه که در این تحقیق بعنوان نتیجه‌گیری کلی حاصل از مطالعه و بررسی روش فابریک مغناطیسی به عنوان یک روش مدرن و کارآمد می‌توان بیان نمود این است که اولاً این روش در زمینه‌های مختلف علوم زمین از جمله معدن، در اکتشاف ذخایری که عوامل ساختاری در تعیین وضعیت هندسی کانسارها نقش زیادی دارند (ذخایر ماگمایی مثل کرومیت) می‌تواند مؤثر باشد. نتایج دیگری نیز در اینجا قابل حصول است که می‌توان به برخی از آنها اشاره کرد:

- روش فابریک مغناطیسی نسبت به دیگر روشهای آنالیز پتروفابریک، دارای مزیت‌های قابل توجهی است که عبارتند از: داشتن قدرت وضوح بسیار بالا، سرعت عمل بالا، به صرفه بودن از لحاظ هزینه و مهمتر از همه این موارد اینکه، این روش می‌تواند به طور سیستماتیک روی همه رخنمون‌ها نقشه برداری گردد.
- مهمترین تفاوت اساسی بین روش فابریک مغناطیسی و روشهای معمول پتروفابریک یا روشهای مدرن (آنالیز تصاویر، فرکتال، فرای و...) اینست که این روش، محاسبه پارامترهای ساختاری را در سه بعد امکان پذیر می‌سازد.
- مهمترین ویژگی که روش فابریک مغناطیسی را نسبت به دیگر روشهای اکتشافی متمایز می‌سازد تکرارپذیری اندازه‌گیری نمونه‌ها است؛ عبارتی این روش مشابه روشهای هوش مصنوعی در ردیف آزمایشگاه خشک قرار می‌گیرد، یعنی آزمایشگاهی که هیچ نوع آلودگی را تولید نکرده و در آن از مواد شیمیائی استفاده نمی‌شود.

- از روش فابریک مغناطیسی بعنوان یک لایه اطلاعاتی در محیط GIS به همراه لایه‌های اطلاعاتی دیگر از قبیل ژئوشیمی اکتشافی، ژئوفیزیک اکتشافی، سنجش از دور و تشکیلات زمین‌شناسی می‌توان نقشه پتانسیل مطلوب کرومیت را در مقیاس ناحیه‌ای تهیه کرد، لذا استفاده از لایه داده‌های فابریک مغناطیسی یک ایده جدید هست که برای اولین بار در این تحقیق مورد توجه قرار گرفته است.
- روش فابریک مغناطیسی در شناسایی عوامل ساختاری که باعث تغییر روند لایه‌ها می‌شود (مثل گسل‌های پنهان) کمک شایانی به ما می‌کند.
- با استفاده از اندازه‌گیری پارامتر حساسیت مغناطیسی کل در سطحی وسیع از منطقه می‌توان معیاری برای تفکیک کانیهای فرومغناطیس از دیگر کانیها بدست آورد.
- نتایج حاصله از تحلیل و پردازش داده‌های فابریک معدن عزت نشان داد که می‌توان از این روش در مقیاس معدنی برای تفکیک آنومالیهای کرومیت کاذب کانی‌سازی شده (غیر اقتصادی) از نوع عمیق و اقتصادی استفاده کرد. لذا پیشنهاد می‌گردد این روش برای طراحی و پیاده‌سازی پروژه‌های اکتشافی بعنوان روشی جدیداً توسعه یافته، بیشتر مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد. بطور مثال حفاریهای قبلی صورت گرفته در معدن عزت نتایج مطلوبی در بر نداشته است و آنومالی قابل توجهی در سمت شرق معدن مشاهده نشده است که این موضوع با توجه به نتایج فابریک مغناطیسی که حاکی از چرخش لایه‌ها در سمت شرق معدن عزت به سمت معدن رضا را دارد تداعی می‌شود. به همین منظور نقطه حفاری به صورت گمانه قائم بر روی کف معدن و حوالی کانکس پیشنهاد می‌گردد (شکل ۶-۲).

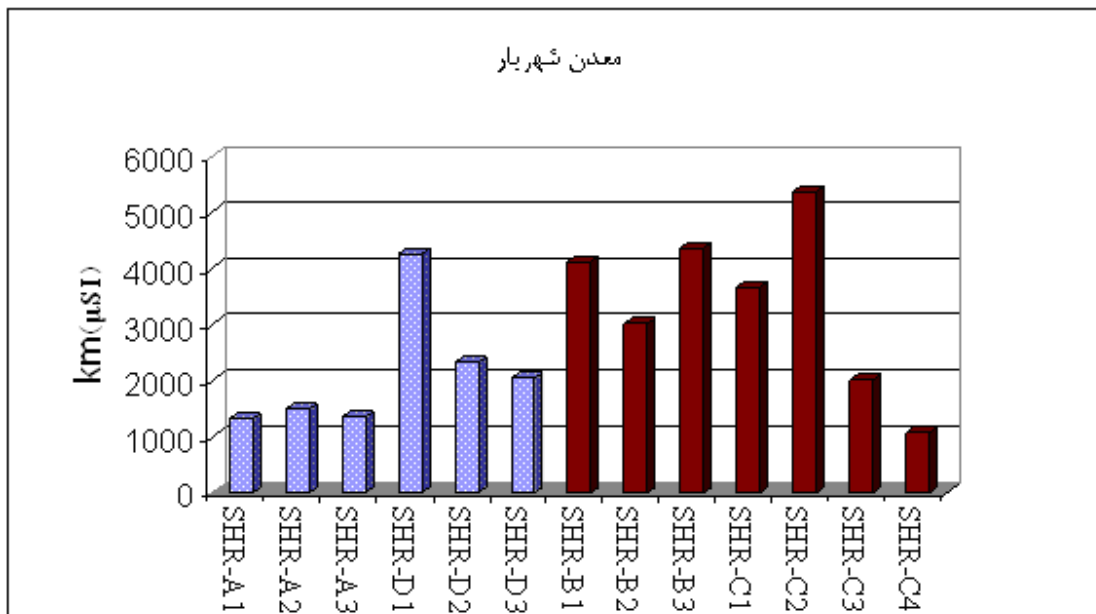


شکل ۶-۱- نقشه منحنی میزان معدن عزت (موقعیت نقاط حفاری روی نقشه مشخص است).

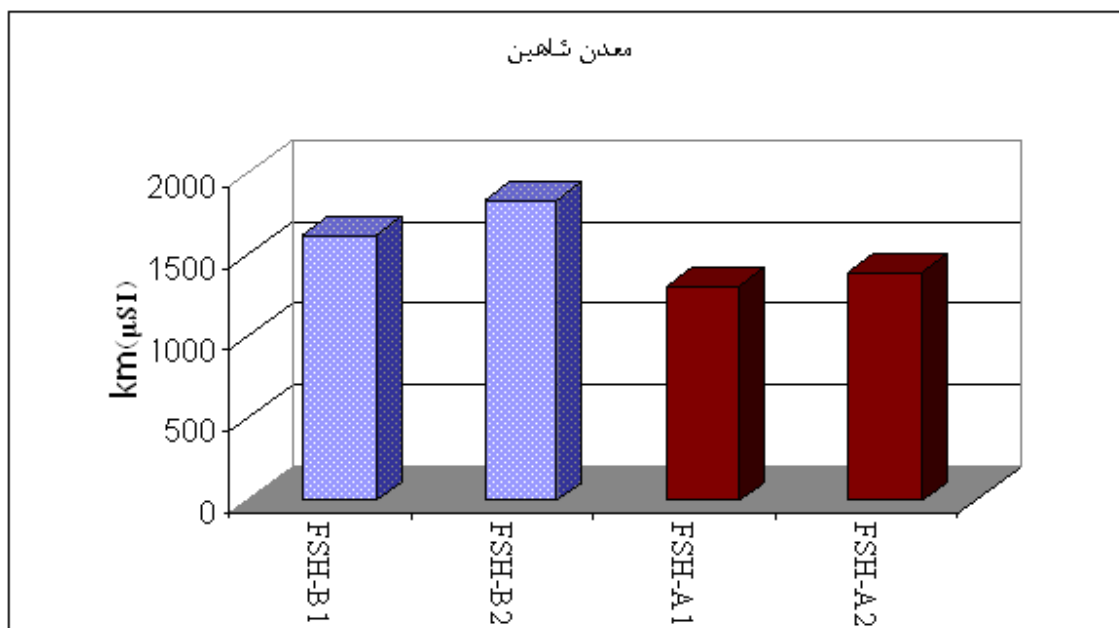


شکل ۶-۲- تصویر موقعیت حفاری نقطه حفاری پیشنهادی در معدن عزت.

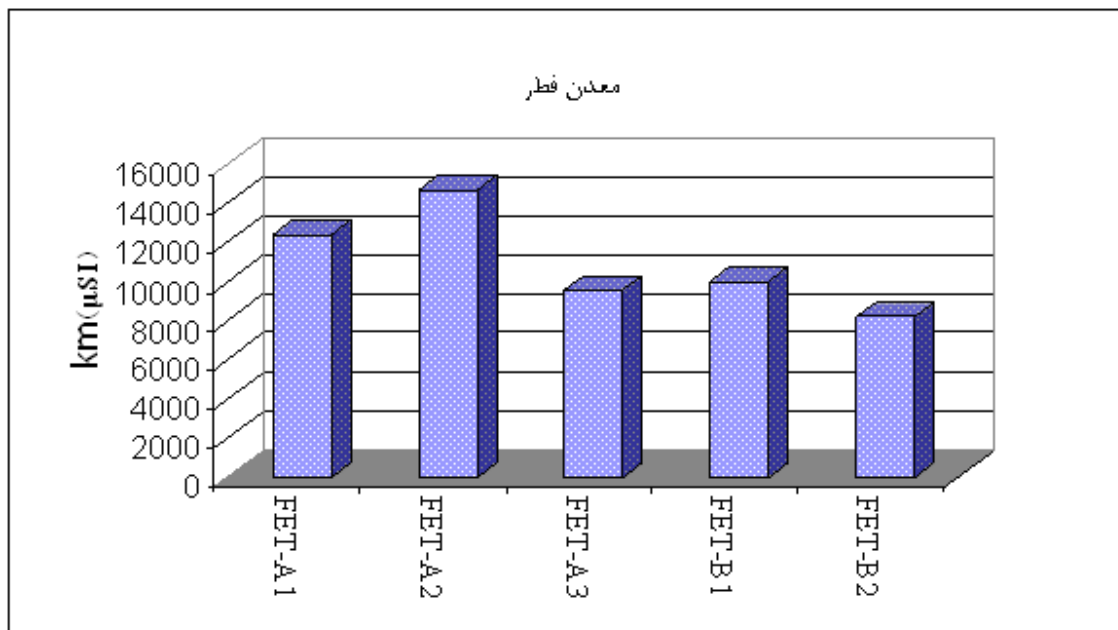
پیوست



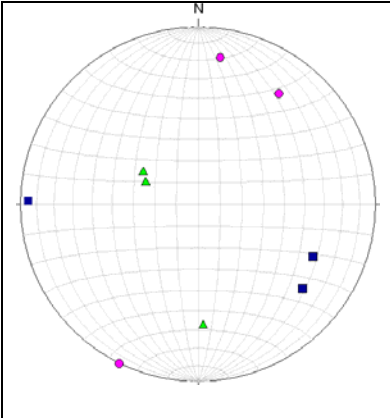
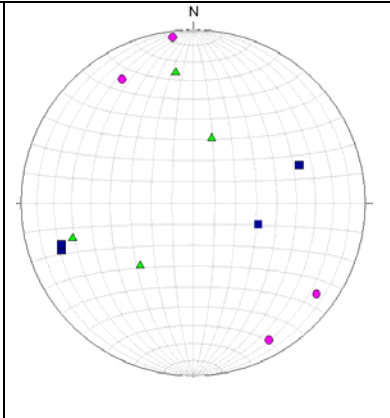
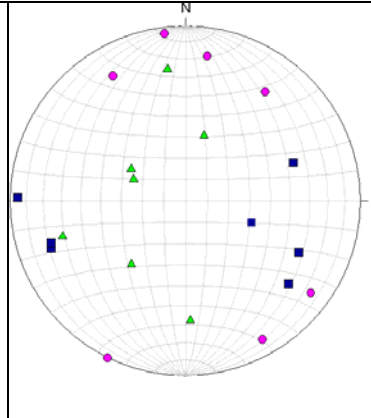
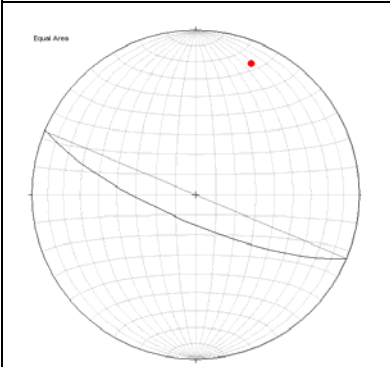
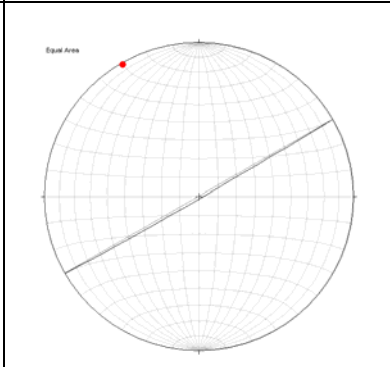
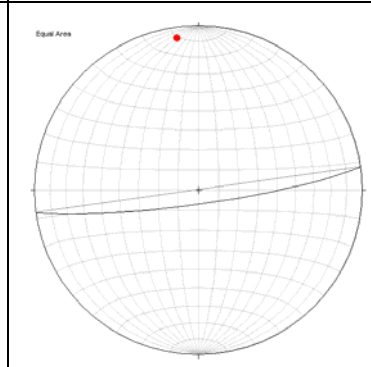
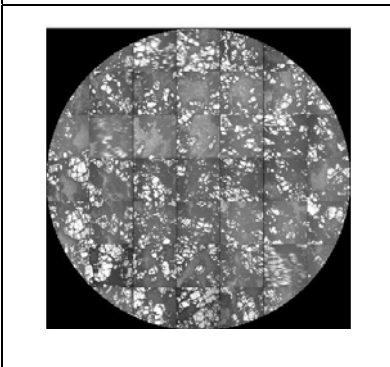

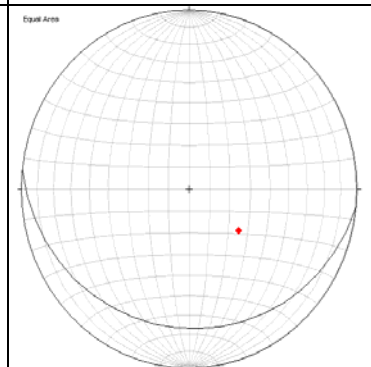
شکل پ-۱- مقدار حساسیت مغناطیسی کل (k_m) در مغزه‌های برداشت شده بر حسب μSI (ستونهای هاشورزده مربوط به دونیت و بقیه مربوط به کرومیت می‌باشند).



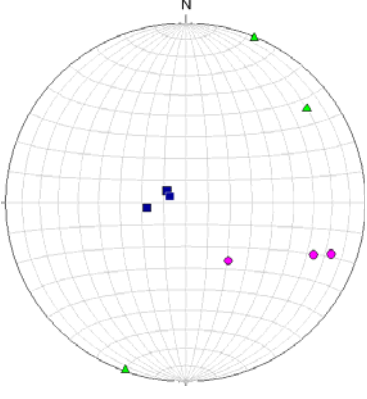
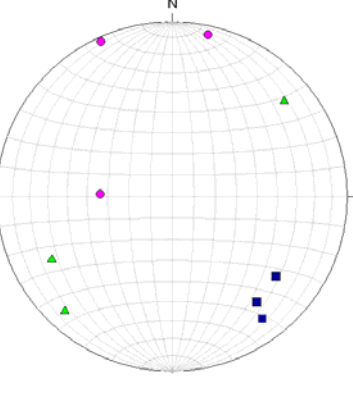
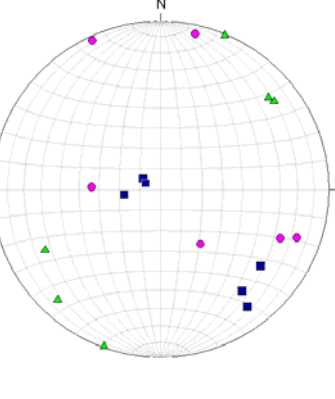
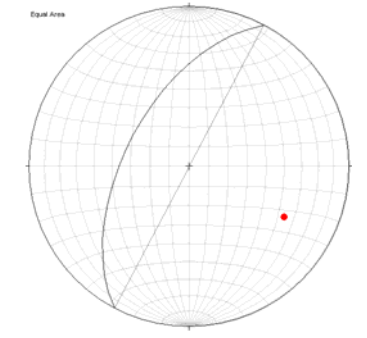
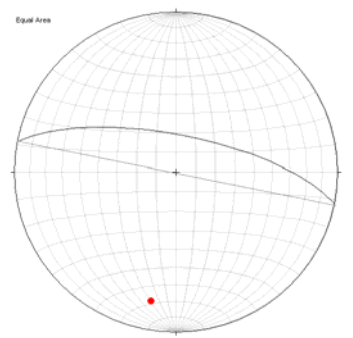
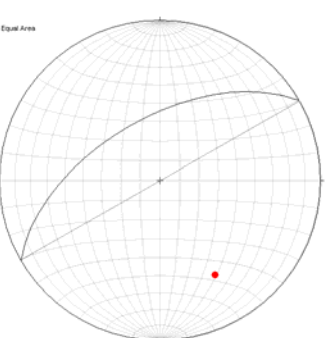
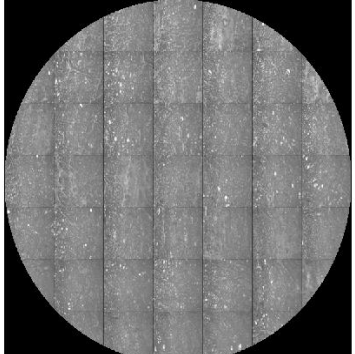

شکل پ-۲- مقدار حساسیت مغناطیسی کل (k_m) در مغزه‌های برداشت شده بر حسب μSI (ستونهای هاشورزده مربوط به دونیت و بقیه مربوط به کرومیت می‌باشند).



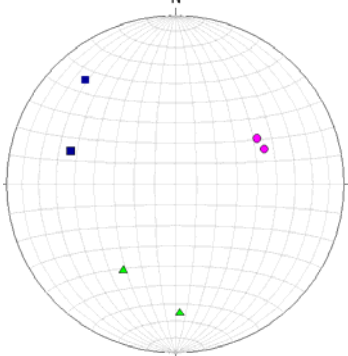
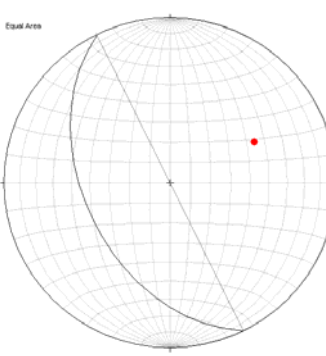
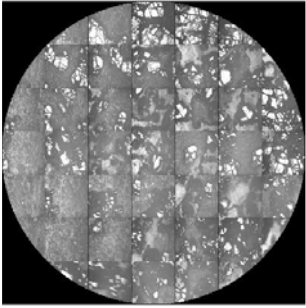
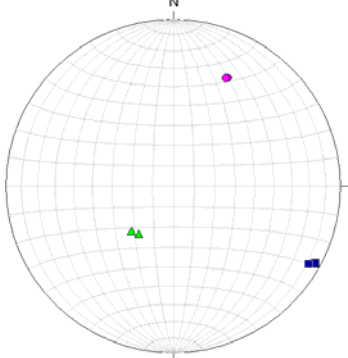
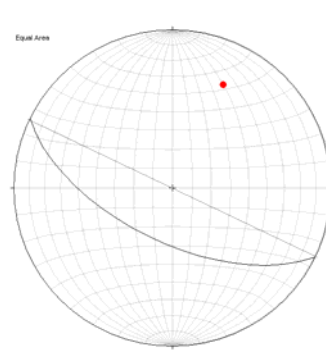
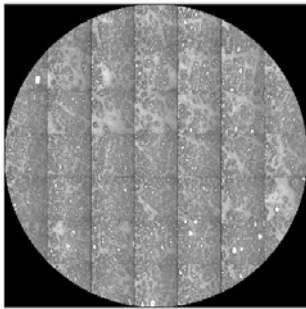

شکل پ-۳- مقدار حساسیت مغناطیسی کل (k_m) در مغزه‌های برداشت شده بر حسب μSI (ستونهای هاشورزده مربوط به دونیت).

		
SHR-B	SHR-C	نمایش جهات اصلی مربوط به کل نمونه‌های کرومیتی معدن شهریار
		
SHR-B	SHR-C	فولیاسیون برآیند کرومیت در معدن شهریار
		
تصویر مقطع میکروسکوپی کرومیت در معدن شهریار	تصویر لایه‌بندی کرومیت در معدن شهریار	نمایش لایه‌بندی صحرایی کرومیت در معدن شهریار روی استریونت

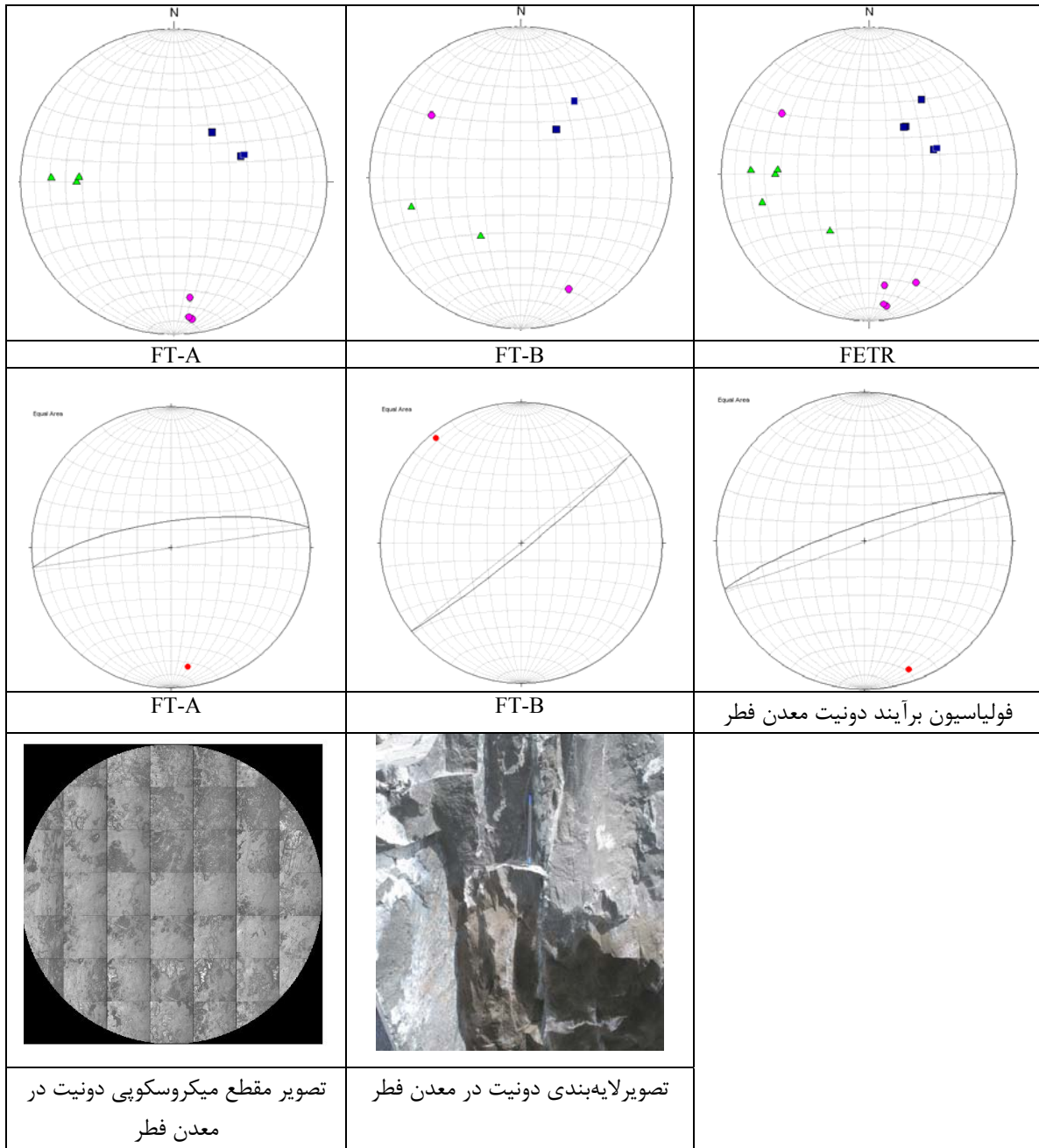
شکل پ-۴- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های کرومیتی معدن شهریار روی استریونت بصورت جهات اصلی (علائم: مربع= k_1 ، مثلث= k_2 و دایره= k_3) و فولیاسیون (صفحه‌گذرنده از k_1 و k_2 که بصورت دایره عظیمه مشخص است) و مقایسه آن با تصاویر ماکروسکوپی (عکس محل نمونه‌برداری) و تصاویر میکروسکوپی (تصاویر مقاطع نازک و صیقلی).

		
SHR-A	SHR-D	نمایش جهات اصلی مربوط به کل نمونه‌های دونیتی معدن شهریار
		
SHR-A	SHR-D	فولیاسیون برآیند دونیت در معدن شهریار
		
تصویر مقطع میکروسکوپی دونیت در معدن شهریار	تصویر محل نمونه برداری دونیت در معدن شهریار	

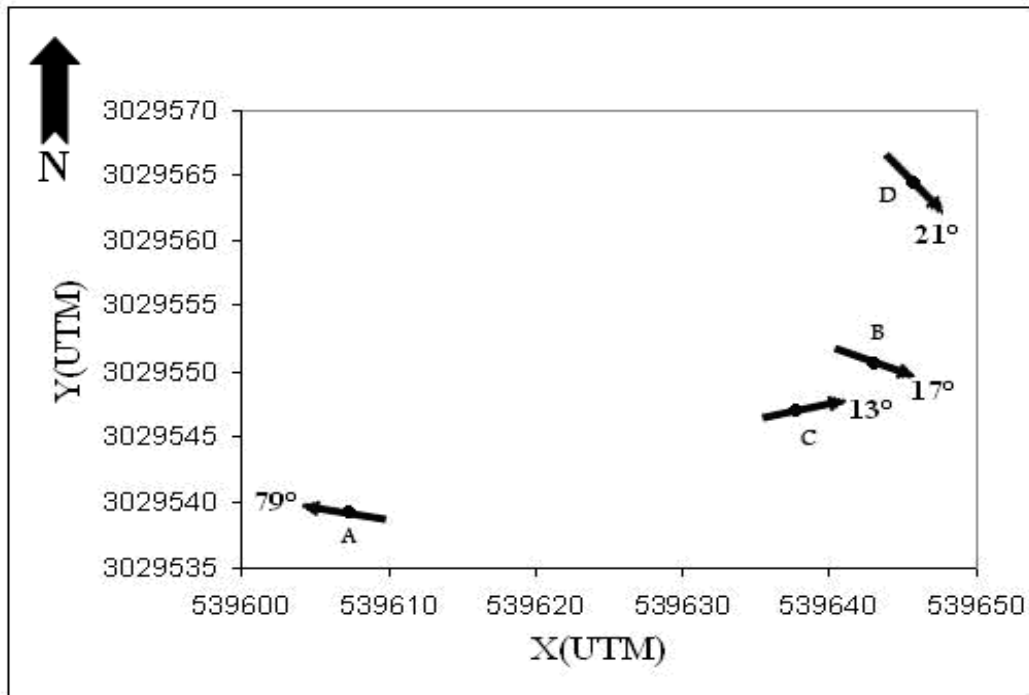
شکل پ-۵- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های دونیتی معدن شهریار روی استریونت بصورت جهات اصلی (علائم: مربع k_1 ، مثلث k_2 و دایره k_3) و فولیاسیون (صفحه‌گذرنده از k_1 و k_2 که بصورت دایره عظیمه مشخص است) و مقایسه آن با تصاویر ماکروسکوپی (عکس محل نمونه‌برداری) و تصاویر میکروسکوپی (تصاویر مقاطع نازک و صیقلی).

		
<p>FSH-A (کرومیت)</p>	<p>FSH-A (کرومیت)</p>	<p>تصویر مقطع میکروسکوپی کرومیت در معدن شاهین</p>
		
<p>FSH-B (دونیت)</p>	<p>FSH-B (دونیت)</p>	<p>تصویر مقطع میکروسکوپی دونیت در معدن شاهین</p>
		
<p>تصویر لایه‌بندی دونیت در معدن شاهین</p>		

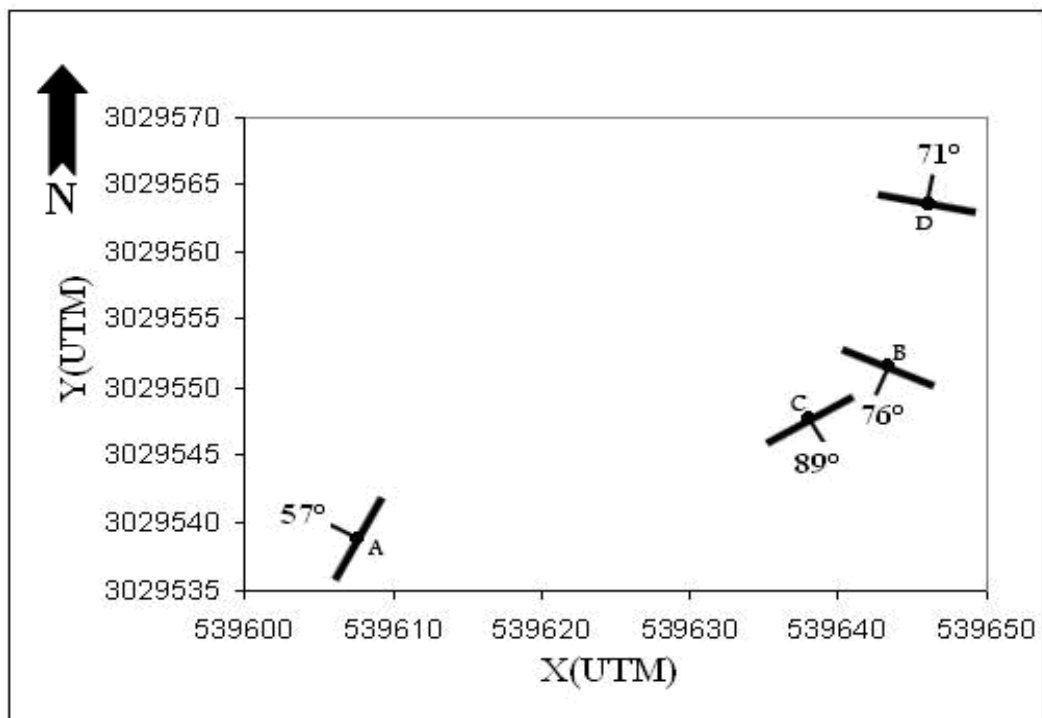
شکل پ-۶- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های کرومیتی و دونیتی معدن شاهین روی استریونت بصورت جهات اصلی (علائم: مربع k_1 ، مثلث k_2 و دایره k_3) و فولیاسیون (صفحه گذرنده از k_1 و k_2 که بصورت دایره عظیمه مشخص است) و مقایسه آن با تصاویر ماکروسکوپی (عکس محل نمونه‌برداری) و تصاویر میکروسکوپی (تصاویر مقاطع نازک و صیقلی).



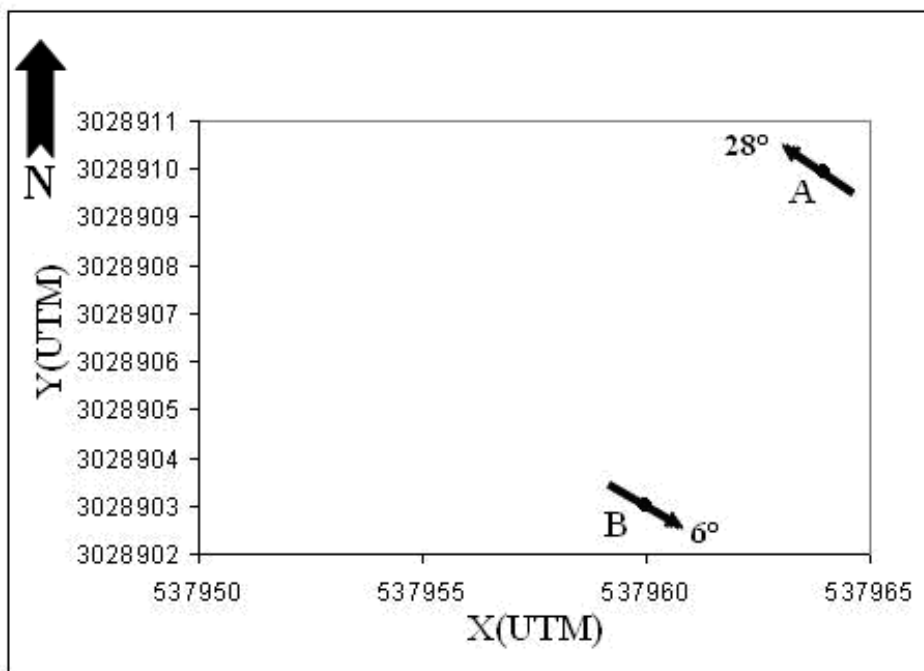
شکل پ-۷- نمایش نتایج اندازه‌گیری مغزه‌های دونیتی معدن فطر روی استریونت بصورت جهات اصلی (علائم: مربع k_1 ، مثلث k_2 و دایره k_3) و فولیاسیون (صفحه‌گذرنده از k_1 و k_2 که بصورت دایره عظیمه مشخص است) و مقایسه آن با تصاویر ماکروسکوپی (عکس محل نمونه‌برداری) و تصاویر میکروسکوپی (تصاویر مقاطع نازک و صیقلی).



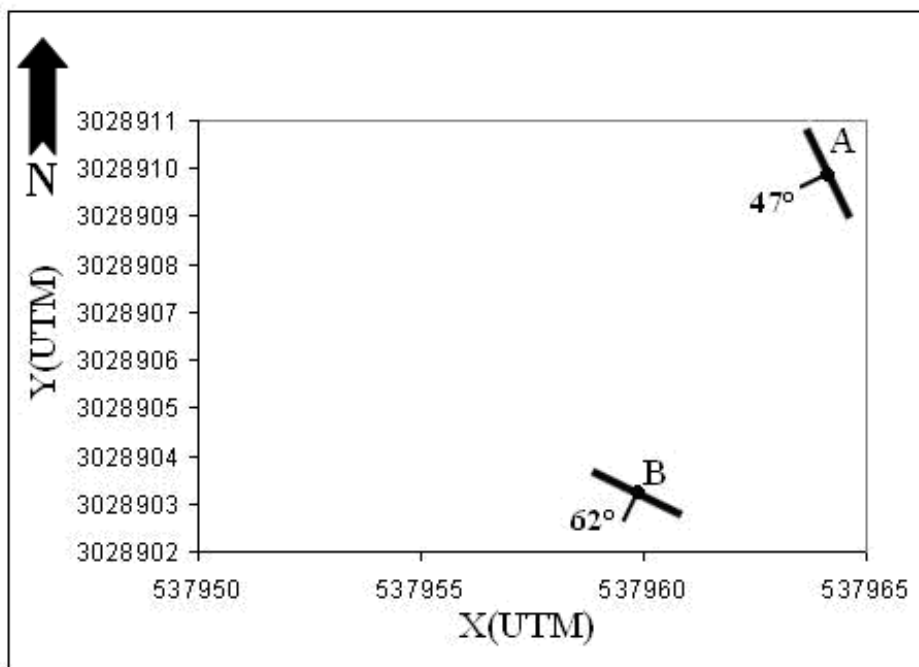
شکل پ-۸- نمایش لیناسیون در ایستگاههای نمونه برداری معدن شهریار (جهت لیناسیون بر اساس زاویه ی ساعتگرد نسبت به شمال جغرافیایی توجیه شده است).



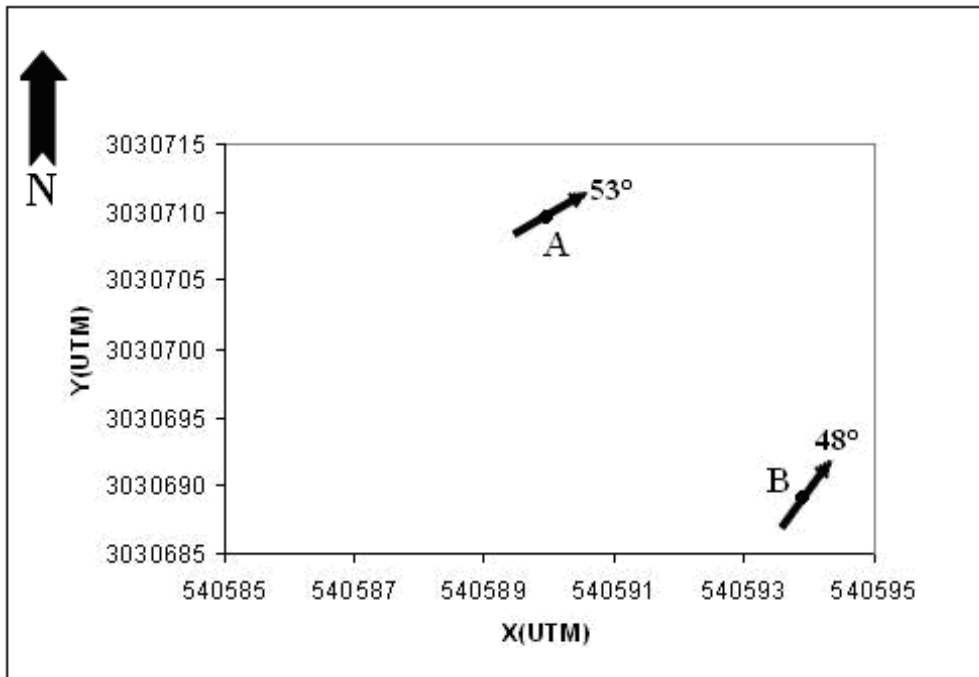
شکل پ-۹- نمایش فولیاسیون در ایستگاههای نمونه برداری معدن شهریار (جهت فولیاسیون بر اساس زاویه ی ساعتگرد نسبت به شمال جغرافیایی توجیه شده است).



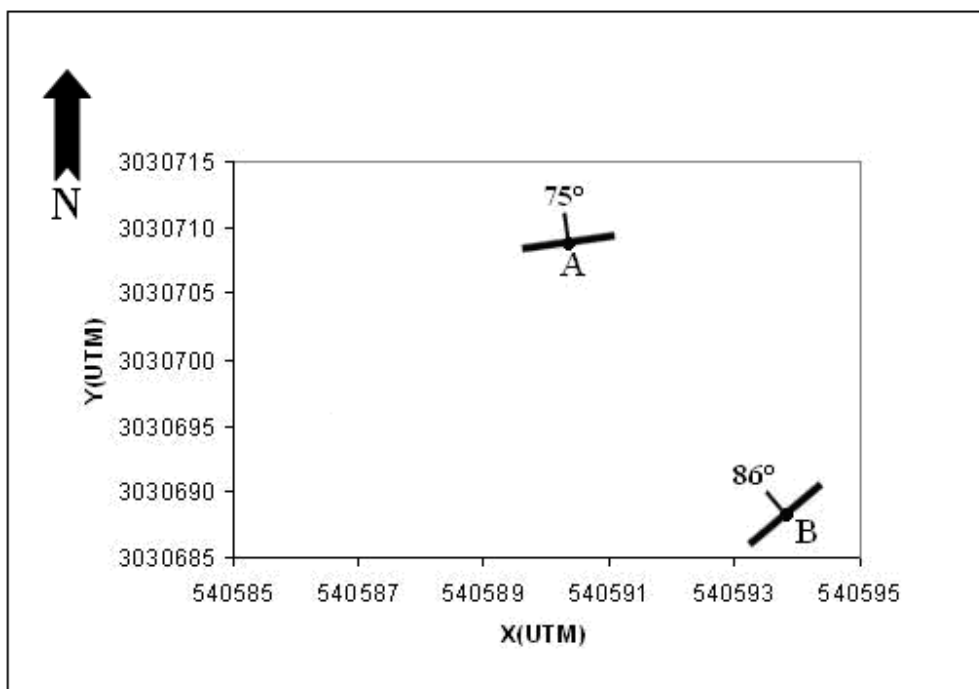
شکل پ-۱۰- نمایش لیناسیون در ایستگاههای نمونه برداری معدن شاهین (جهت لیناسیون بر اساس زاویه‌ی ساعتگرد نسبت به شمال جغرافیایی توجیه شده است).



شکل پ-۱۱- نمایش فولیاسیون در ایستگاههای نمونه برداری معدن شاهین (جهت فولیاسیون بر اساس زاویه‌ی ساعتگرد نسبت به شمال جغرافیایی توجیه شده است).



شکل پ-۱۲- نمایش لیناسیون در ایستگاههای نمونه برداری معدن فطر (جهت لیناسیون بر اساس زاویه ی ساعتگرد نسبت به شمال جغرافیایی توجیه شده است).



شکل پ-۱۳- نمایش فولیاسیون در ایستگاههای نمونه برداری معدن فطر (جهت فولیاسیون بر اساس زاویه ی ساعتگرد نسبت به شمال جغرافیایی توجیه شده است).

منابع و مأخذ

منابع فارسی

- ۱- پازند ک. (۱۳۸۵) "بررسی کانی سازی عناصر گروه پلاتین در پیروکسنیت‌های منطقه معدنی فاریاب" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، تهران.
- ۲- حسنی پاک ع و شرف الدین م. (۱۳۸۴) "تحلیل داده‌های اکتشافی" چاپ چهارم، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۱۰۱۴ صفحه.
- ۳- رجب زاده م. (۱۳۸۷) "کانه زایی عناصر گروه پلاتین در کانسارهای کرومیت مناطق افیولیتی نی ریز (منطقه آباد طشک) و فاریاب (آسمینون) در جنوب ایران" مجموعه مقالات سومین همایش انجمن زمین شناسی ایران، تهران، www.civilica.com.
- ۴- سازمان زمین شناسی. (۱۳۸۶) "نقشه پراکندگی محیط‌های مناسب و پتانسیل دارکرومیت در ایران با مقیاس ۱:۶۵۰۰۰۰۰" سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران، مدیریت ژئومتیکس، تهران.
- ۵- سازمان زمین شناسی. (۱۳۸۵) "نقشه زمین شناسی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ میناب" سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران، تهران.
- ۶- سایت علوم زمین. "اطلاعات مواد معدنی: کروم (Cr)" پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، <http://www.ngdir.com>.
- ۷- شرکت معدنی فاریاب. (۱۳۸۷) "مدارک و گزارشات موجود در شرکت فاریاب" مجتمع معدنی آسمینون، فاریاب.
- ۸- صادقیان م. (۱۳۸۳) "ماگماتیسم، متالوژنی و مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی زاهدان" رساله دکتری، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تهران، ۵۲۰ صفحه.

- ۹- صادقیان م. (۱۳۸۶) "ساز و کار جایگیری توده گرانیتوییدی زاهدان در پرتو روش AMS" فصلنامه علمی - پژوهشی علوم زمین، شماره ۶۶، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- ۱۰- کیمیا قلم ج. (۱۳۶۷) "گزارش اکتشافات ژئوفیزیکی (گرانیت سنجی، مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه) منطقه فاریاب" مجتمع معدنی آسمینون، فاریاب.
- ۱۱- مرکز آمار ایران. (۱۳۸۷) "سالنامه آماری کشور".
- ۱۲- مؤسسه جغرافیایی ایران. (۱۳۸۲) "اطلس راههای ایران" مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی، تهران.
- ۱۳- وزارت صنایع و معادن. (۱۳۷۸) "آمار معادن در حال بهره‌برداری و غیر فعال کشور" بانک اطلاعات معدنی.

References:

- 1-Allard, B.& Benn, K. (1988) "*Shape preferred orientation analysis using digitized images on a microcomputer*" Computer and Geosciences 15, 441-448.
- 2- Benn, K.& Allard, B. (1989) "*Preferred mineral orientations related to magmatic flow in ophiolite layered gabbros*" Journal of geology and petrolum, v.30, 925. Iran, Teheran.
- 3- Bouchez, J. L. (1997) "*Granite is never isotropic: an introduction to AMS studies of granitic rocks*" In J. L. Bouchez.
- 4- Bouchez, J.L. , Guillel, P. & Chevalier, F. (1981) "*Structures d'ecoulement liees ilia mise en place du granite de Guerande (Loire.Atlantique, France)*". Bull. Soc. geol. France 7-XXIII (4). 387-399.
- 5- De Palomera. A. & R. P. (2004) "*Application of RS & GIS for mineral predictive mapping, Dessado massif, Argentina*" MSc theses, ITC Institute, Netherland, 75 pp.

- 6 - Ghazi A.M.& Hassanipak A.A. (2000) "*Petrology and geochemistry of the Shahr-Babak ophiolite, Central Iran*" Geological Society of America, Special paper, 349: 485-497.
- 7- Jelinek, V. (1981) "*Characterization of the magnetic fabrics of rocks*" Tectonophysics 79, 63-67.
- 8- Launeau, P. , Bouchez, J. L. & Benn, K (1990) "*Shape preferred orientation of object populations: automatic analysis of digitized Images*" Tectonophysics 180, 201-211.
- 9- Mollier, B. & Bouchez, J. L. (1982) "*Structuration magmatique du complexe granitique de Brame-St Sylvestre-St Goussaud (Limousin. Massif Central francais)*" C. R. Acad. Sci, Paris 294II, 1329-1334.
- 10- Mollier, B. (1984) "*Le granite de Brame-St Sylvestre-St Goussaud: ses structures magmatiques: une etude de la distribution de l'uranium a l'echelle du grain*" Unpubl. Thesis Univ. Nantes. CREGU Mem. Nancy, France 7, 172 p.
- 11- Olivier, P & Leblanc, D. (1997) "*Homogeneity of granite fabrics at the metre and dekametre scales*" in J. L. Bouchez. D. H. W. HULLON and W.E. Stephens (eds.J. Granitt: from stgregation of melt to emplacement fabrics, Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. pp. 113 -128.
- 12- O'Reilly, W. (1984) "*Rock and mineral magnetism. Blackie*" Glasgow, UK, 220 pp.
- 13- Panozzo-Heilbronner, R. (1992) "*The autocorrelation function: an image processing tool for fabric analysis*" Tectonophysics 212, 351-370.
- 14- Papp, John F. "*Mineral Yearbook 2002: Chromium*". United States Geological Survey.
- 15- Pons, J. (1970) "*Relations entre la structure et la petrofabric des roches eluptives de la bordure meridionale du (SE Iran): a petrological and magnetic fabric study of a*

syntectonic sill emplaced in a transtensional setting" Journal of Asian Earth Sciences 25, 301 – 327.

16- Roskill. (2000) *"The economics of chromium"*; 9th Edition, Roskill Information Services, Ltd, London.

16- Tarling, D. H. & Hrouda, F. (1993) *"The magnetic anisotropy of rocks"* Chapman and Hall, London, v.4, 217 pp.

17- Unknown. (2008) *"MFK1 series User's Guide, Ver. 2.0"* Advanced Geoscience Instruments Co, Brno, Czech Republic, www.AGICO.com.

18- Wikipedia, free encyclopedia (2009). <http://en.wikipedia.org/wiki/Chromite>.

Abstract

Since Methods for study Chromite samples in Faryab deposit in southeast Iran like mineralogy and exploration geophysics are not consequent, therefore we use anisotropy of magnetic susceptibility method as known AMS, for exploration hidden and economic Chromite lens in Faryab region. This method is based on determine magnetic fabric of grains.

AMS of 32 station core samples, were taken from field surveying, were measured by MFK1-FA instrument in Geomagnetic laboratory of Shahrood university of technology.

Results show that k_1 axes (magnetic lineation) and plane related to k_1k_2 axes (magnetic foliation) are confident with chromite dominant trend and chromite bedding in field observation.

Key words: AMS, magnetic fabric, foliation and lineation, Faryab, Chromite.



Shahrood University of Technology

Faculty of Mining, Petroleum Engineering and Geophysics

**Study and investigation of application AMS
method for Chromite deposits exploration
(Case study: Faryab Chromite deposit)**

Abolfazl Gharib-boluk

**Supervisors:
Dr. Mansoor Ziaie
Dr. Mahmood Sadeghian**

MSc. thesis

October 2009