

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده: علوم زمین

گروه: زمین شناسی - پترولوژی

بررسی مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ (شمال غرب الیگودرز) با

استفاده از روش انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی (AMS)

سکینه شکاری

استاد راهنما:

دکتر محمود صادقیان

اساتید مشاور:

دکتر رمضان رضانی اومالی

دکتر مریم شیبی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۹۰



دانشگاه پتروشیمی پارس

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

شماره :  
تاریخ :  
ویرایش :

بسمه تعالی

### فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر ( عج ) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم سکینه شکاری رشته: زمین شناسی گرایش: پترولوژی تحت عنوان: بررسی مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ (شمال غرب الیگودرز) با استفاده از روش آنیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی (AMS) که در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۱۶ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است :

قبول ( با درجه : معالی - امتیاز ۱۹/۲۵ )  دفاع مجدد  مردود

۲- بسیار خوب ( ۱۸ - ۱۸/۹۹ )

۱- عالی ( ۱۹ - ۲۰ )

۴- قابل قبول ( ۱۴ - ۱۵/۹۹ )

۳- خوب ( ۱۶ - ۱۷/۹۹ )

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
	استادیار	دکتر محمود صادقیان	۱- استاد راهنما
	استادیار	دکتر رمضان رضائی اومالی	۲- استاد مشاور
	استادیار	دکتر مریم شبیبی	
	استادیار	دکتر بهناز دهرآزما	۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	استادیار	دکتر حبیب علیمحمدیان	۴- استاد ممتحن
	استادیار	دکتر قاسم قربانی	۵- استاد ممتحن

تأیید رئیس دانشکده :

تقدیم به پدر و مادر مهربانم

و آنان که مراد رسیدن به آرزوها و اهدافم یاری کرده‌اند...

## تقدیر و تشکر

پاس و تایش بر خدای جل و جلاله، که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تلمیح است و انوار حکمت او در دل شب تار، در فشان. آفریدگاری که خویش را به ما شناساند و در باری علم را بر ما کشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید. پاس بی کران پروردگاری که ما را که هستی مان نشید و به طریق علم و دانش را بنمونان شود به بهنیشی رحوان علم و دانش مستخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را در زبان ساخت. خدای را شاکرم از اینکه به من توان داد تا بتوانم گامی کوچک در مسیر تحصیل علم بردارم. پاس او را که قدرت و عظمتش در ذره ذره عالم نهفته است. او که طبیعت را در کوشاغت خود برای ما خلق کرد و گفت بنگرید در زمین و در آن تعقل کنید.

بیاری خدای مهربان و کمک اساتید و دوستان و حمایت خانواده ام توانستم پایان نامه خود را به سرانجام برسانم. در ابتدا از استاد محترم و دلسوزم، دکتر محمود صادقیان سپاسگزارم و نمی توانم معنایی بالاتر از تقدیر و تشکر بر زبانم جاری سازم و پاس خود را در وصف استاد خویش که همواره در این مسیر راهگشایم بود، آشکارانم، که هر چه گویم و سراپم، کم گفته ام.

از پدر و ماد عزیزم، که هر چه دارم از آن هاست. از محابشان صلابت، از رفتارشان محبت و از صبرشان ایستادگی را آموختم. آن ها همواره در طول تحصیل، تحمل زحمت بود و تکیه گاه من در مواجهه با مشکلات، و وجودش همیشه مایه دلگرمی من می باشد و از خواهران مهربان و بهسر عزیزم که شوق علم آموزی را در وجودم روشن ساختند. محظت ناب باور بودم، لذت و غرور دانستنم، جبارت خواستنم، عظمت رسیدن به تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سز آنهاست.

از ریاست محترم دانشکده علوم زمین دکتر غلامحسین کریمی و اساتید محترم دانشکده علوم، دکتر مریم شیبی، دکتر رمضان رمضان رمضان اوامی، مهندس میریاقری، مهندس خانعلیزاده و سرکار خانم مهندس زهره فارسی تشکر می نمایم. همچنین از همراهی دکتر حبیب علیمحمدیان از سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور و دکتر محمد مجمل استاد بزرگوار دانشگاه تربیت مدرس مراتب پاس خود را اعلام می دارم.

در نهایت همیشه قدردان زحمات دوستانم سرکار خانم محار کوانچی، مریم شمسی، زهره دلور، شیوا باغبانی، سین بدلو، عاتکه اصلانی، بصیر اکبری و رویا سلطانی و همچنین آقایان محسن حمیدی و سلمان فتحی می باشم.

به امید آنکه توفیق یابم جز خدمت به خلق خداوند نکوشم.

## تعهد نامه

اینجانب سکینه شکاری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی پترولوژی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی درّه باغ، شمال غرب الیگودرز با استفاده از روش انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی (AMS) تحت راهنمایی دکتر محمود صادقیان متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون 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 می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافتهای آنها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

امضای دانشجو

تاریخ ۱۳۹۰، ۱۲، ۱

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

\* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

## چکیده

توده گرانیتوئیدی دره‌باغ در ۵ کیلومتری شمال غرب الیگودرز قرار دارد. این توده در بین سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای درجه‌پایین تا متوسط به سن اوایل ژوراسیک و با طیف ترکیبی اسلیت، فیلیت و شیست جایگزین شده است. بر اساس مطالعات صحرایی و میکروسکوپی، توده گرانیتوئیدی دره‌باغ دارای ترکیب سنگ‌شناسی متشکل از گرانودیوریت، گرانیت، لوکوگرانیت، آپلیت و پگماتیت تورمالین‌دار می‌باشد. گرانودیوریت‌ها سازنده اصلی این توده هستند. گرانیت‌ها به صورت دایک و آپوفیز، گرانودیوریت‌ها را قطع می‌کنند. و از آنها جوان‌تر می‌باشند. بر اساس شواهد حاصل شده، ماگمای گرانودیوریتی تفریق یافته و به یک ماگمای گرانیتی تحول پیدا کرده است و در مراحل تفریقی پیشرفته‌تر، ماگماهای گرانیتی به ماگماهای بسیار غنی از سیلیس و سرشار از بور تبدیل گردیده‌اند و در نتیجه لوکوگرانیت‌های تورمالین‌دار تا سرشار از تورمالین تشکیل شده است. در مراحل پایانی تفریق توده گرانیتوئیدی دره‌باغ، پگماتیت‌های تورمالین‌دار تشکیل شده‌اند. رگه‌های سیلیسی آخرین پسماندهای حاصل از تفریق ماگماهای گرانیتوئیدی مورد بحث می‌باشند. ترکیبات سنگ‌شناسی نشان می‌دهد که تفریق ماگمایی بسیار گسترده‌ای در توده گرانیتوئیدی دره‌باغ صورت گرفته است. بر اساس ویژگی‌های ژئوشیمیایی، توده گرانیتوئیدی دره‌باغ دارای ماهیت پرآلمین و کالکوالکالن می‌باشد و در زمره گرانیتوئیدهای نوع S و CAG قرار می‌گیرد.

در این پژوهش سازوکار جایگیری این توده برای اولین بار به روش انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی (AMS) مورد بررسی قرار گرفت. تعداد ۳۲۵ مغزه و ۱۲۰۰ قطعه از ۱۲۱ ایستگاه نمونه‌برداری به دست آمد. پارامترهای مغناطیسی این نمونه‌ها در آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود و به وسیله دستگاه MFK1-FA اندازه‌گیری گردید. بررسی پارامترهای مغناطیسی نمونه‌های بدست آمده، نشان می‌دهد که متوسط مقادیر خودپذیری مغناطیسی میانگین ( $K_m$ ) بر حسب  $\mu SI$  در گرانودیوریت‌ها (۲۸۵)، لوکوگرانیت‌ها (۴۷)، میگماتیت‌ها (۴۳۴) و آنکلاوهای سورمیکاسه (۳۸۹) می‌باشد. بر این اساس میگماتیت‌ها بیشترین مقدار و لوکوگرانیت‌ها از کمترین مقدار خودپذیری مغناطیسی برخوردارند. بر اساس این مقادیر، توده گرانیتوئیدی دره‌باغ جزء گرانیتوئیدهای پارامغناطیس ( $0 < K_m < 500 \mu SI$ ) محسوب می‌شود. این نوع از گرانیتوئیدها معادل سری ایلمنیت (نوع S) می‌باشند. همچنین بر اساس نمودارهای ترمومگنتیت، عاملین اصلی بروز رفتار مغناطیسی در نمونه‌های توده دره‌باغ، بیوتیت و ایلمنیت هستند. میانگین برگوارگی‌های مغناطیسی غالباً دارای مشخصات N33W/28NE می‌باشند که با ساختارهای بزرگ مقیاس منطقه نظیر امتداد گسل‌های بزرگ و سطح محوری چین‌ها سازگار هستند. مقادیر درصد انیزوتروپی مغناطیسی (P%) از ۲ تا ۱۰

درصد متغیر است و ارتباطی مثبت و منطقی با درجه دگرشکلی نشان می‌دهند. مقدار پارامتر شکل یا بیضوی مغناطیسی (T) از  $-0/58$  تا  $0/78$  تغییر می‌کند، با این وجود، بیضوی‌های مغناطیسی غالباً صفحه‌ای شکل می‌باشند. مقادیر درصد انیزوتروپی مغناطیسی (P) و پارامتر شکل بیضوی مغناطیسی (T) از غرب به شرق این توده نفوذی افزایش می‌یابد، این امر با تشدید شدت دگرشکلی در این راستا سازگار است.

بر اساس پارامترهای مغناطیسی و تفسیر آنها می‌توان این توده گرانیوتوئیدی را به قلمروها A و B و زیر قلمروهای  $A_1$  و  $A_2$  تقسیم کرد. در این زیر قلمروها، خطواره‌های مغناطیسی غالباً به سمت شمال می‌باشند. در بخش میانی توده (قلمرو B) خطواره‌های مغناطیسی غالباً به سمت شرق و جنوب شرق آرایش نشان می‌دهند. با توجه به الگوهای توزیع خطواره‌های مغناطیسی، این دو قلمرو با اندکی تأخیر زمانی نسبت به یکدیگر جای گرفته‌اند. در ضمن جایگیری قلمرو A بر B تقدم داشته است. با توجه به الگوی توزیع و شیب خطواره‌ها و برگواره‌های مغناطیسی، مبانی تعبیر و تفسیر پارامترهای مغناطیسی و ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه‌ای، توده گرانیوتوئیدی دره‌باغ به شکل یک سیل نسبتاً بزرگ و در پهنه برشی راستبر (مرتبط با یک رژیم ترا فشارشی (Transpression)) جای گرفته است.

**کلمات کلیدی:** روش انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی، خودپذیری مغناطیسی میانگین، خطواره‌ها و برگواره‌های مغناطیسی، رژیم ترا فشارشی، دره‌باغ.



لیست مقالات مستخرج شده از پایان نامه

۱- شکاری، س.، صادقیان، م.، شیبی، م.، رضانی اومالی، ر. (۱۳۸۹) بررسی رابطه بین انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی و ترکیب سنگ‌شناسی در توده گرانیتوئیدی دره‌باغ، بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین.

۲- شکاری، س.، صادقیان، م. (۱۳۹۰) نقش فرآیند تفریق ماگمایی در تحول و تکوین توده گرانیتوئیدی دره‌باغ (شمال غرب الیگودرز)، دومین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه آزاد آشتیان.

۳- شکاری، س.، صادقیان، م. (۱۳۹۰) بررسی ساخت‌های میکروسکوپی و ناهمگنی خودپذیری مغناطیسی (AMS) در توده گرانیتوئیدی دره‌باغ (شمال غرب الیگودرز)، دومین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه آزاد آشتیان.

۴- شکاری، س.، صادقیان، م. (۱۳۹۰) تعیین سازوکار جایگیری توده گرانیتوئیدی دره‌باغ (شمال غرب الیگودرز) به روش AMS، نوزدهمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه گلستان (گرگان).

۵- شکاری، س.، صادقیان، م. (۱۳۹۰) تغییر و تحولات کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی آنکلاوهای موجود در توده گرانیتوئیدی دره‌باغ (شمال غرب الیگودرز)، نوزدهمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه گلستان (گرگان).

6- Shekari, S., Sadeghian, M., Sheibi, M., Gavangi, N. (2011) Petrology, geochemistry and magnetic fabrics of Darreh Bagh granitoidic pluton (SW Iran), Seventh Hutton Symposium on Granites and Related Rocks, Avila, Spain.

7- Shekari, S., Sadeghian, M. (2011) Microstructural and AMS investigation of Darreh Bagh granitoidic pluton (SW Iran), Goldschmidt2011, Prague, Czech Republic.

لیست مقالاتی که در آن سهیم بوده و مرتبط به موضوع پایان نامه می باشد به شرح زیر است:

۱- رضوی، ر.، قاسمی، ح.، صادقیان، م.، شکاری، س. (۱۳۸۹) بررسی چگونگی حرکت ماگما در دایک آندزی بازالتی به وسیله روش AMS (مطالعه موردی، شمال داورزن)، چهارمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور.

۲- باغبانی، ش.، صادقیان، م.، شیبی، م.، شکاری، س. (۱۳۸۹) پترولوژی و ژئوشیمی توده های گرانیتوئیدی ازنا- الیگودرز (گرانیت زایی به واسطه جایگزینی ماگماهای بازیک - حدواسط) ، بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین.

۳- مردانی، م.، صادقیان، م.، شکاری، س.، بدلو، س. (۱۳۸۹) بررسی تغییرات انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی در توده گرانیتوئیدی ازنا، بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین.

۴- بدلو، س.، صادقیان، م.، شیبی، م.، رضانی اومالی، ر.، شکاری، س. (۱۳۸۹) بررسی انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی و ترکیب سنگ شناسی در توده گرانیتوئیدی گل زرد، بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین.

۵- صادقیان، م.، شکاری، س. (۱۳۹۰) شواهد بارز گرانیت های تیپ S در توده گرانیتوئیدی دره باغ (شمال غرب الیگودرز)، نوزدهمین همایش بلورشناسی و کانی شناسی ایران، دانشگاه گلستان (گرگان).

6- Gavangi, N., Sadeghian, M., Shekari, S. Magnetic investigation of Zafarghand (Ardestan) granitoidic pluton by AMS method, Seventh Hutton Symposium on Granites and Related Rocks, Avila, Spain.

7- Gavangi, N., Sadeghian, M., Shekari, S. (2011) Magnetic susceptibility of Zafarghand granitoidic pluton, Gldschmidt 2011, Prague, Czech Republic.

## فهرست مطالب

عنوان

ز	چکیده	.....
ک	فهرست مطالب	.....
ن	فهرست شکل‌ها	.....
ص	فهرست جداول	.....
۱	فصل ۱ کلیات	.....
۲	۱-۱- موقعیت جغرافیایی	.....
۲	۲-۱- راه‌های ارتباطی	.....
۳	۳-۱- آب و هوا، ریخت‌شناسی و جغرافیای انسانی	.....
۷	۴-۱- تاریخچه مطالعات پیشین در منطقه	.....
۹	۵-۱- تاریخچه مطالعات پیشین در زمینه AMS در ایران	.....
۱۱	۶-۱- روش مطالعه	.....
۱۲	۷-۱- اهداف مطالعه	.....
۱۴	فصل ۲ زمین‌شناسی عمومی	.....
۱۵	۱-۲- زمین‌شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه	.....
۱۸	۲-۲- واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه	.....
۱۹	۱-۲-۲- اوایل ژوراسیک (مجموعه متاپلیتی اسلیت، فیلیت، میکاشیست)	.....
۱۹	۲-۲-۲- ژوراسیک میانی (توده نفوذی مورد مطالعه)	.....
۲۱	۳-۲-۲- کواترنر (آبرفت‌ها و واریزه‌ها)	.....
۲۲	۳-۲- زمین‌شناسی اقتصادی منطقه	.....
۲۲	۴-۲- زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک منطقه	.....
۲۴	فصل ۳ پتروگرافی	.....
۲۵	۱-۳- بررسی‌های پتروگرافی	.....
۲۷	۱-۱-۳- سنگ‌های دربرگیرنده توده دره‌باغ (متاپلیت‌ها و متاسامیت‌ها)	.....
۳۰	۲-۱-۳- گرانودیوریت‌ها	.....
۴۰	۳-۱-۳- گرانیت‌ها و لوکوگرانیت‌ها	.....
۴۴	۴-۱-۳- پگماتیت‌ها و آپلیت‌ها	.....
۴۶	۵-۱-۳- آنکلاوها	.....

۵۳	۳-۱-۶- میگماتیت‌ها
۵۵	۳-۲- ترتیب تبلور سنگ‌های نفوذی منطقه درّه‌باغ
۵۵	۳-۳- نتایج حاصل از مطالعات پتروگرافی
۵۷	فصل ۴ معرفی روش فابریک مغناطیسی
۵۸	۴-۱- مقدمه
۶۲	۴-۲- رفتار و ویژگی‌های مغناطیسی کانی‌ها
۶۲	۴-۲-۱- دیامغناطیس
۶۳	۴-۲-۲- پارامغناطیس
۶۵	۴-۲-۳- فرومغناطیس
۷۰	۴-۳- عوامل تأثیرگذار بر خودپذیری مغناطیسی کانی‌ها
۷۱	۴-۴- اندازه‌گیری مغناطیس سنگ
۷۵	۴-۵- روش نمونه‌برداری
۸۱	۴-۶- خطاها
۸۲	۴-۷- روش کار یا روش اندازه‌گیری خودپذیری مغناطیسی
۸۵	۴-۸- اصول کار با دستگاه
۸۵	۴-۸-۱- اندازه‌گیری AMS با روش نمونه چرخشی
۸۸	۴-۹- پارامترهای جهت‌یابی O.P.
۹۱	۴-۱۰- کالیبراسیون دستگاه
۹۴	۴-۱۱- پارامترهای مغناطیسی
۹۷	۴-۱۱-۱- پارامتر خودپذیری مغناطیسی میانگین Km
۹۷	۴-۱۱-۲- پارامتر انیزوتروپی مغناطیسی P
۹۸	۴-۱۱-۳- پارامتر شکل T
۹۹	۴-۱۱-۴- پارامتر L , F
۱۰۱	فصل ۵ تفسیر داده‌های مغناطیسی و نتیجه‌گیری
۱۰۲	۵-۱- کلیات کار
۱۲۴	۵-۲- بررسی نقشه‌های مغناطیسی
۱۲۴	۵-۲-۱- نقشه خطوارگی مغناطیسی
۱۲۷	۵-۲-۲- نقشه برگواره‌های مغناطیسی
۱۳۰	۵-۲-۳- نقشه خودپذیری مغناطیسی میانگین
۱۳۹	۵-۲-۴- نقشه درصد انیزوتروپی P

۱۴۲	.....۵-۲-۵- نقشه پارامتر شکل T
۱۴۷	.....۳-۵- انواع فابریک یا ساخت‌های ماگمایی
۱۴۷	.....۱-۳-۵- فابریک ماگمایی
۱۴۸	.....۲-۳-۵- فابریک ساب ماگمایی
۱۵۱	.....۳-۳-۵- فابریک ساب سولیدوس حالت جامد
۱۵۶	.....۴-۵- خصوصیات مغناطیسی سنگ‌های توده درّه‌باغ
۱۵۸	.....۱-۴-۵- گرانودیوریت‌ها
۱۵۸	.....۲-۴-۵- گرانیت‌ها و لوکوگرانیت‌ها
۱۵۸	.....۳-۴-۵- میگماتیت‌ها
۱۵۹	.....۴-۴-۵- آنکلاوها
۱۵۹	.....۵-۵- مطالعه و تفسیر پارامترهای مغناطیسی توده درّه‌باغ
۱۶۳	.....۶-۵- نتیجه‌گیری
۱۶۹	.....پیوست ۱
۱۷۶	.....پیوست ۲
۲۰۰	.....مراجع

## فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱- نقشه‌های نشان‌دهنده موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه ..... ۴
- شکل ۱-۲- تصویر ماهواره‌ای Landsat منطقه مورد مطالعه ..... ۵
- شکل ۱-۳- نقشه توپوگرافی سه بعدی (توپولوژی) توده گرانیتوئیدی دره‌باغ ..... ۵
- شکل ۱-۴- دورنمایی از منطقه مورد مطالعه در شمال شرق روستای تارزان ..... ۶
- شکل ۱-۵- تصاویری از سنگ‌نگاره‌های باستانی ترسیم شده بر روی سنگ‌های پلیتی دگرگون شده ..... ۶
- شکل ۱-۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه تقسیم‌بندی ساختاری ایران ..... ۱۵
- شکل ۲-۲- موقعیت توده گرانیتوئیدی دره‌باغ در نقشه زمین‌شناسی ..... ۱۶
- شکل ۳-۲- نقشه زمین‌شناسی اصلاح شده توده گرانیتوئیدی دره‌باغ ..... ۱۸
- شکل ۴-۲- تصاویری از ویژگی‌های صحرایی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ ..... ۲۱
- شکل ۵-۲: نقشه گسل‌های موجود در استان لرستان ..... ۲۳
- شکل ۱-۳- تصاویر میکروسکپی نشان‌دهنده کانی‌های شاخص سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای (XPL) ..... ۲۹
- شکل ۲-۳- تصاویر میکروسکپی نشان‌دهنده حضور بارز کانی کردپریت در سنگ‌های دگرگونی مجاورتی (XPL) ..... ۲۹
- شکل ۳-۳- تصاویر میکروسکپی نشان‌دهنده ویژگی‌های کانی‌شناسی پلاژیوکلازهای سنگ‌های گرانودیوریتی ..... ۳۲
- شکل ۴-۳- تصاویر میکروسکپی نشان‌دهنده برخی از ویژگی‌های بارز بیوتیت در سنگ‌های گرانودیوریتی ..... ۳۳
- شکل ۵-۳- تصاویر میکروسکپی مبین دانه‌ریز شدن کوارتز (ساب‌گرین شدن) و میلونیتی شدن آن به عنوان یکی از شواهد بارز دگرشکلی ساب‌سولیدوس دما بالا (XPL) ..... ۳۴
- شکل ۶-۳- تصاویر میکروسکپی معرف ویژگی‌های کانی‌شناسی فلدسپارهای پتاسیک در سنگ‌های گرانودیوریتی ..... ۳۵
- شکل ۷-۳- تصاویر میکروسکپی معرف ویژگی‌های کانی‌های فرعی سازنده سنگ‌های گرانودیوریتی ..... ۳۸
- شکل ۸-۳- تصاویر میکروسکپی نشان‌دهنده ویژگی‌های کانی‌های فرعی سازنده سنگ‌های گرانودیوریتی ..... ۴۰
- شکل ۹-۳- تصاویر میکروسکپی از ویژگی‌های کانی‌های سازنده سنگ‌های گرانیتی ..... ۴۲
- شکل ۱۰-۳- تصاویر میکروسکپی از لوکوگرانیت‌های تورمالین‌دار و حضور بارز کانی‌های روشن ..... ۴۴
- شکل ۱۱-۳- تصاویر میکروسکپی معرف ویژگی‌های کانی‌های سازنده پگماتیت‌ها ..... ۴۵
- شکل ۱۲-۳- تصویر صحرایی از رگه آپلیتی قطع‌کننده گرانودیوریت‌ها ..... ۴۶
- شکل ۱۳-۳- تصاویری از ویژگی‌های جالب در توده گرانیتوئیدی دره‌باغ ..... ۴۹
- شکل ۱۴-۳- تصاویری از ویژگی‌های میکروسکپی آنکلاوهای موجود در توده گرانیتوئیدی دره‌باغ (XPL) ..... ۵۰
- شکل ۱۵-۳- تصاویری از ویژگی‌های جالب زینولیت‌های سیلیسی در توده گرانیتوئیدی دره‌باغ ..... ۵۳
- شکل ۱۶-۳- تصاویر نشان‌دهنده حضور میگماتیت‌ها در توده گرانیتوئیدی دره‌باغ ..... ۵۴
- شکل ۱-۴- چرخش الکترون در اطراف هسته باعث ایجاد میدان مغناطیسی H می‌شود ..... ۶۲
- شکل ۲-۴- رفتار مواد دپامغناطیس ..... ۶۳
- شکل ۳-۴- رفتار مواد پارامغناطیس ..... ۶۴
- شکل ۴-۴- دیاگرام حلقه پسماند ..... ۶۵
- شکل ۵-۴- اشباع‌شدگی مغناطیسی نرم‌الایزه شده در مقابل دما برای مگنتیت و هماتیت ..... ۶۶
- شکل ۶-۴- جفت‌شدگی تبادلی برای مواد فرومغناطیس؛ آنتی فرومغناطیس و فری مغناطیس ..... ۶۷
- شکل ۷-۴- نمایش شماتیکی از مغناطیس‌پذیری شبکه‌ای در مواد فرومغناطیس ..... ۶۹
- شکل ۸-۴- نمودار خودپذیری مغناطیسی برحسب SI در برابر میزان کانی‌های فرومغناطیس و پارامغناطیس ..... ۷۰
- شکل ۹-۴- میزان خودپذیری مغناطیسی در برابر ترکیب سنگ‌شناسی ..... ۷۱

- شکل ۴-۱۰- بیضوی مغناطیسی مبتنی بر مقادیر  $K_1, K_2, K_3$  ..... ۷۲
- شکل ۴-۱۱- مقادیر  $K_{max}, K_{int}, K_{mint}$  که در بیضوی مغناطیسی نشان داده می‌شوند. .... ۷۳
- شکل ۴-۱۲- طرح شماتیک طرز قرارگیری ذرات در مقابل میدان مغناطیسی. .... ۷۴
- شکل ۴-۱۳- فضاسازی سه بعدی معرف شیب و جهت شیب نمونه ..... ۷۵
- شکل ۴-۱۴- دستگاه مغزه‌گیر و خط راهنما و محل حفاری مغزه. .... ۷۷
- شکل ۴-۱۵- نحوه برداشت شیب و جهت شیب، توسط کمپاس و تراز یاب مغزه. .... ۷۸
- شکل ۴-۱۶- تصاویری از برداشت مغزه‌های جهت‌دار در صحرا. .... ۸۰
- شکل ۴-۱۷- تصویر دستگاه MFK1-FA در آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود. .... ۸۴
- شکل ۴-۱۸- تصویری از نرم‌افزار Safyr 4w در حین باز شدن. .... ۸۵
- شکل ۴-۱۹- نمایش شماتیک نشان‌دهنده موقعیت‌های مختلف و چرخش حول محورهای  $X, Y$  و  $Z$  ..... ۸۶
- شکل ۴-۲۰- نحوه قرارگیری نمونه حول محور  $X, Y$  و  $Z$  ..... ۸۷
- شکل ۴-۲۱- این شکل وضعیت قرارگیری پارامترهای P1 در حالت‌های مختلف ..... ۸۹
- شکل ۴-۲۲- چگونگی تعریف پارامتر P2 ..... ۹۰
- شکل ۴-۲۳- تغییر پارامترهای دستگاه به وسیله نرم‌افزار Safyr4w ..... ۹۱
- شکل ۳-۲۴- تصاویری از نمونه استاندارد جهت کالیبراسیون دستگاه و یک مورد از نمونه مغزه‌های گرفته شده ..... ۹۲
- شکل ۴-۲۵- تصویری از نرم‌افزار Anisoft 4.2 ابتدای شروع ..... ۹۳
- شکل ۴-۲۶- نحوه نمایش داده‌ها در نرم‌افزار Anisoft.4.2 ..... ۹۴
- شکل ۴-۲۷- این شکل تصویر سیم پیچ حامل جریان و ایجاد میدان مغناطیسی ..... ۹۵
- شکل ۴-۲۸- نمودار M بر H ..... ۹۵
- شکل ۴-۲۹- بیضوی مغناطیسی و سه محور  $K_1, K_2, K_3$  ..... ۹۶
- شکل ۴-۳۰- استریوگرام نشان‌دهنده سه محور  $K_1, K_2, K_3$  ..... ۹۶
- شکل ۴-۳۱- بیضوی مغناطیسی دوکی، سیگاری و کشیده شکل و بیضوی مغناطیسی کلوچه‌ای یا بشقابی شکل ..... ۹۸
- شکل ۴-۳۲- نمودار L در مقابل F ..... ۱۰۰
- شکل ۴-۳۳- نمودار L در مقابل F که با افزایش L و مقدار P نیز افزایش می‌یابد ..... ۱۰۰
- شکل ۴-۳۴- نمودار L در مقابل F در نمونه‌های منطقه دره‌باغ ..... ۱۰۰
- شکل ۵-۱- نقشه زمین‌شناسی اصلاح شده توده گرانیتوئیدی دره‌باغ ..... ۱۰۳
- شکل ۵-۲- استریوگرام‌های ترسیم شده مبتنی بر پارامترهای مغناطیسی اندازه‌گیری با استفاده از نرم‌افزار Anisoft 4.2 در هر ایستگاه نمونه‌برداری با جنس گرانودیوریت ..... ۱۱۱
- شکل ۵-۳- استریوگرام‌های ترسیم شده مبتنی بر پارامترهای مغناطیسی اندازه‌گیری با استفاده از نرم‌افزار Anisoft 4.2 در هر ایستگاه نمونه‌برداری با جنس لوکوگرانیت ..... ۱۲۱
- شکل ۵-۴- استریوگرام‌های ترسیم شده مبتنی بر پارامترهای مغناطیسی اندازه‌گیری با استفاده از نرم‌افزار Anisoft 4.2 در هر ایستگاه نمونه‌برداری با جنس آنکلاو ..... ۱۲۲
- شکل ۵-۵- استریوگرام‌های ترسیم شده مبتنی بر پارامترهای مغناطیسی اندازه‌گیری با استفاده از نرم‌افزار Anisoft 4.2 در هر ایستگاه نمونه‌برداری با جنس میگماتیت ..... ۱۲۳
- شکل ۵-۶- استریوگرام‌های ترسیم شده مبتنی بر پارامترهای مغناطیسی اندازه‌گیری با استفاده از نرم‌افزار Anisoft 4.2 در کل ایستگاه‌های نمونه‌برداری به ازای ترکیب سنگ‌شناسی ..... ۱۲۴
- شکل ۵-۷- نقشه خطواره‌های مغناطیسی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ مبنی بر مشخصات  $K_1$  ..... ۱۲۶
- شکل ۵-۸- نقشه کنتوربندی تغییرات شیب خطواره‌های مغناطیسی ..... ۱۲۶

- شکل ۵-۹- نقشه خطواره‌های مغناطیسی توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ..... ۱۲۷
- شکل ۵-۱۰- نقشه نشان‌دهنده وضعیت برگواره‌های مغناطیسی توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ..... ۱۲۸
- شکل ۵-۱۱- نقشه نشان‌دهنده تغییرات شیب برگواره‌های مغناطیسی به صورت یک طیف رنگی..... ۱۲۹
- شکل ۵-۱۲- نقشه ساده شده تغییرات شیب برگواره‌های مغناطیسی..... ۱۲۹
- شکل ۵-۱۳- تصاویر استریوگرام معرف اندازه‌گیری شیب و جهت شیب فولیاسیون‌های برداشت شده در صحرا... ۱۳۰
- شکل ۵-۱۴- نقشه مقادیر خودپذیری مغناطیسی میانگین در هر ایستگاه مغزه‌گیری..... ۱۳۱
- شکل ۵-۱۵- نقشه تغییرات خودپذیری مغناطیسی میانگین..... ۱۳۲
- شکل ۵-۱۶- نقشه ساده شده تغییرات خودپذیری مغناطیسی میانگین..... ۱۳۲
- شکل ۵-۱۷- تغییرات مقادیر خودپذیری مغناطیسی میانگین نمونه‌های دارای ترکیب سنگ شناسی مختلف مطالعه شده به ازای هر ایستگاه..... ۱۳۴
- شکل ۵-۱۸- هیستوگرام تغییرات مقادیر خودپذیری مغناطیسی میانگین ( $K_m$ ) در گروه‌های سنگی مختلف سازنده توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ..... ۱۳۵
- شکل ۵-۱۹- تصاویر میکروسکپی از نمونه‌های صیقلی توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ..... ۱۳۵
- شکل ۵-۲۰- نمودار  $Na_2O$  در مقابل  $K_2O$ ..... ۱۳۶
- شکل ۵-۲۱- نمودار نشان‌دهنده ترکیبات سنگ‌شناسی مختلف در ارتباط با فراوانی آن‌ها..... ۱۳۶
- شکل ۵-۲۲- نمودار خودپذیری مغناطیسی در مقابل دما در نمونه‌های گرانودیوریتی با استفاده از دستگاه CS3..... ۱۳۸
- شکل ۵-۲۳- نمودار خودپذیری مغناطیسی در مقابل دما برای یک نمونه لوکوگرانیتی با استفاده از دستگاه CS3..... ۱۳۸
- شکل ۵-۲۴- نمودار خودپذیری مغناطیسی در مقابل دما برای یک نمونه لوکوگرانیتی تورمالین‌دار با استفاده از دستگاه CS3..... ۱۳۸
- شکل ۵-۲۵- نمودار خودپذیری مغناطیسی در مقابل دما برای یک نمونه میگماتیتی با استفاده از دستگاه CS3..... ۱۳۹
- شکل ۵-۲۶- نقشه تغییرات درصد انیزوتروپی مغناطیسی به ازای هر ایستگاه..... ۱۴۰
- شکل ۵-۲۷- نقشه کنتوربندی تغییرات درصد انیزوتروپی مغناطیسی..... ۱۴۱
- شکل ۵-۲۸- نقشه ساده شده تغییرات درصد انیزوتروپی مغناطیسی توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ..... ۱۴۱
- شکل ۵-۲۹- نمودار نشان‌دهنده تغییرات مقادیر  $P$  به ازای هر ایستگاه مغزه‌گیری..... ۱۴۲
- شکل ۵-۳۰- نمودار توزیع لگاریتمی  $K_m$  (بر حسب  $\mu SI$ ) در مقابل  $P$  (بر حسب درصد)..... ۱۴۲
- شکل ۵-۳۱- نقشه نشان‌دهنده تغییرات مقادیر پارامتر شکل به ازای هر ایستگاه..... ۱۴۴
- شکل ۵-۳۲- نقشه کنتوربندی تغییرات پارامتر شکل ( $T$ )..... ۱۴۴
- شکل ۵-۳۳- نقشه ساده شده پارامتر شکل مغناطیسی توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ..... ۱۴۵
- شکل ۵-۳۴- نمودار  $P$  در برابر  $T$ ..... ۱۴۵
- شکل ۵-۳۵- تصاویر میکروسکپی نشان‌دهنده تفاوت ریزساختارها در غرب و شرق توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ..... ۱۴۶
- شکل ۵-۳۶- نمودار تغییرات پارامتر  $T$  در هر ایستگاه..... ۱۴۶
- شکل ۵-۳۷- نمودار نشان‌دهنده تغییرات لگاریتمی  $K_m$  در مقابل  $T$ ..... ۱۴۷
- شکل ۵-۳۸- تصاویر میکروسکپی معرف فابریک ماگمایی در توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ..... ۱۴۸
- شکل ۵-۳۹- نمودار نشان‌دهنده ارتباط بین فرآیندهای تبلور و ذوب با ویسکوزیته مذاب و کسر جامد..... ۱۴۹
- شکل ۵-۴۰- رگچه‌های کوارتز قطع‌کننده بلورهای پلاژیوکلاز که در انتها به حوضچه‌هایی از کوارتز ختم می‌شوند..... ۱۵۰
- شکل ۵-۴۱- تصاویری از ساخت ساب‌ماگمایی..... ۱۵۰
- شکل ۵-۴۲- تصاویر میکروسکپی معرف ویژگی‌های بارز ساخت‌ها یا فابریک‌های ساب‌سولیدوس در کوارتز و فلدسپارهای توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ..... ۱۵۳



- شکل ۵-۴۳- ایجاد ماکل مکانیکی در بیوتیت، کینک باند، له شدگی و ایجاد خاموشی موجی در بیوتیت و کوارتز.. ۱۵۴
- شکل ۵-۴۴- تصاویر میکروسکپی معرف ویژگی‌های بارز کانی‌های فرعی در توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ. . ۱۵۵
- شکل ۵-۴۵- نقشه نشان‌دهنده توزیع انواع ریزساخت‌ها در توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ. ۱۵۶
- شکل ۵-۴۶- نقشه نشان‌دهنده ترکیب سنگ‌شناسی غالب در هر ایستگاه نمونه‌برداری. ۱۵۷
- شکل ۵-۴۷- نمودار ستونی نشان‌دهنده درصد فراوانی ترکیبات سنگی مختلف در توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ. ۱۵۷
- شکل ۵-۴۸- الگوی ترسیم شده از برگواره‌های مغناطیسی توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ. ۱۵۹
- شکل ۵-۴۹- نقشه خطواره‌های مغناطیسی توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ. ۱۶۱
- شکل ۵-۵۰- استریوگرام ترسیم شده بر اساس داده‌های بدست آمده در قلمرو A و B. ۱۶۱
- شکل ۵-۵۱- انطباق برگواره‌های مغناطیسی با برگواره‌های حاصل از برداشت‌های صحرایی در توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ. ۱۶۲
- شکل ۵-۵۲- تصاویر میکروسکپی و تصاویر شماتیک آن در نمونه‌های گرانودیوریتی. ۱۶۴
- شکل ۵-۵۳- حوضه‌های کششی جدایشی به عنوان فضا یا محیطی مناسب برای جایگیری توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ. ۱۶۶
- شکل ۵-۵۴- طرح شماتیکی از ایجاد حوضه کششی جدایشی برای جایگیری توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ. ۱۶۷
- شکل ۵-۵۵- طرح شماتیک از نحوه عملکرد نیروهای برشی و کششی در ارتباط با تشکیل توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ. ۱۶۷
- شکل ۵-۵۶- طرح شماتیک از تحولات ساختاری در ارتباط با ایجاد فضای مناسب برای جایگزینی توده‌های نفودی گرانیتوئیدی. ۱۶۷
- شکل ۵-۵۷- الگوی تکتونوماگمایی توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ. ۱۶۸
- شکل ۵-۵۸- الگوی تکتونوماگمایی توده‌های نفودی شمال ازنا-الیگودرز. ۱۶۸
- شکل پیوست ۱- مراحل مختلف اندازه‌گیری خودپذیری مغناطیسی با استفاده از نرم‌افزار Safyr4w. ۱۷۰

## فهرست جداول

- جدول ۱-۳- علامت اختصاری مربوط به کانی‌ها ..... ۲۶
- جدول ۱-۴- معرفی میزان خودپذیری مغناطیسی چند مورد از کانی‌های دیا، پارا و فرومغناطیس ..... ۶۹
- جدول ۱-۵- میانگین پارامترهای مغناطیسی اندازه‌گیری شده برای کلیه ایستگاه‌های مغزه‌برداری ..... ۱۰۵
- جدول ۲-۵- ارائه آماری تعداد مغزه‌ها و ایستگاه‌های برداشت مغزه با تفکیک ترکیب سنگ‌شناسی ..... ۱۳۳
- جدول ۳-۵- نمونه‌های ارسال شده به آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کشور جهت تعیین حامل اصلی رفتار مغناطیسی توسط دستگاه CS3 ..... ۱۳۷
- جدول ۱ پیوست-۲- داده‌های موقعیت جغرافیایی و شیب و امتداد مغزه‌های برداشت شده در هر ایستگاه ..... ۱۷۷
- جدول ۲ پیوست-۲- داده‌های خروجی حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای انتخابی توسط دستگاه MFK1-FA به ازای هر نمونه ..... ۱۸۰

# فصل ۱ : کلیات

## ۱-۱- موقعیت جغرافیایی

منطقه مورد مطالعه در ۵ کیلومتری شمال غرب الیگودرز، حد فاصل جاده ازنا- الیگودرز و در پهنه ساختاری سنندج- سیرجان واقع شده است. این منطقه بخش‌هایی از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گلیگان و ۱:۱۰۰۰۰۰ الیگودرز را شامل می‌شود و دارای مختصات جغرافیایی  $32^{\circ} 49'$  تا  $41^{\circ} 49'$  طول جغرافیایی شرقی و  $26^{\circ} 33'$  تا  $37^{\circ} 33'$  عرض جغرافیایی شمالی می‌باشد. توده گرانیتوئیدی دره‌باغ که با وسعت تقریبی ۶۰ کیلومتر و روند کلی شمال غرب- جنوب شرق در این محدوده قرار دارد، محور اصلی پژوهش این پایان‌نامه می‌باشد و قصد داریم سازوکار جایگیری آن را در پرتو روش آنیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی مشخص نماییم.

## ۱-۲- راه‌های ارتباطی

با توجه به آب و هوای نسبتاً خوب منطقه مورد مطالعه و وجود آب فراوان، زمینه مساعدی برای توسعه کشاورزی و دامپروری، در نهایت تمرکز جمعیت انسانی فراهم شده است. از این رو، در محدوده مورد مطالعه، روستاهای زیادی از جمله: محمودآباد، موشله، دره‌باغ، بادینه، گورچین، قره‌دین، عباس‌آباد، ملاطالب، ایونده، دهمزرعه و تارزان وجود دارند. راه‌هایی دسترسی به آن‌ها، امکان دسترسی به نقاط مختلف توده گرانیتوئیدی دره‌باغ را تا حد زیادی فراهم کرده است (شکل ۱-۱).

لازم به ذکر است جاده‌های الیگودرز- خمه‌سفلی - موشله و.... و شریف‌آباد - عباس‌آباد - گورچین و مرزبان - فین - تارزان از نوع آسفالته هستند و از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. جاده خمه سفلی - ملاطالب که در حال زیرسازی و توسعه است و به نظر می‌رسد به زودی آسفالت خواهد شد، در نهایت به مرزبان متصل می‌گردد، این جاده دسترسی به شمال منطقه را تسهیل می‌سازد.

لازم به ذکر است از آنجایی که مغزه‌گیری باید به طور منظم انجام شود، در بسیاری موارد، برای دستیابی به نقاط مورد نظر مسافت‌های زیادی، به صورت پیاده‌روی طی شده است.

### ۱-۳- آب و هوا، ریخت شناسی و جغرافیایی انسانی

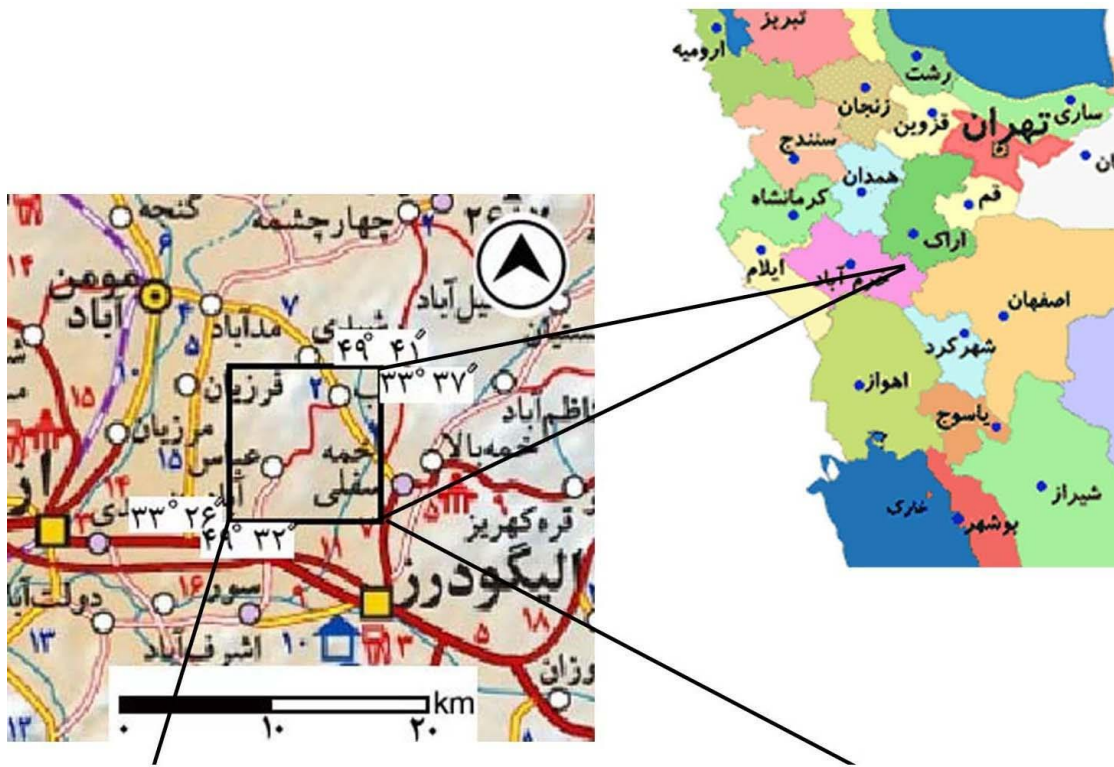
منطقه مورد مطالعه از نظر آب و هوایی، در ناحیه کوهستانی با زمستانی سرد و تابستانی معتدل واقع شده است. وجود اراضی ناهموار با ارتفاعات و قله متعدد موجب به وجود آمدن آب و هوای نسبتاً سرد کوهپایه‌ای گردیده است. بارش سالیانه برف و باران فراوان و تغذیه مناسب سفره‌های آب زیرزمینی، موجب پدیدار شدن چشمه‌های زیادی در منطقه شده است. رودخانه‌ها غالباً فصلی‌اند اما در منطقه مذکور جویبارهایی که از چشمه‌های جوشان سرچشمه می‌گیرند، جریان دارند. منبع اصلی تأمین کننده آب ساکنین منطقه، عمدتاً چشمه‌ها و چاه‌ها می‌باشد. آب مورد نیاز زمین‌های زراعی بطور عمده از آب چشمه‌ها، آبراهه‌ها و رودخانه‌های کوچک موجود در منطقه تأمین می‌شود.

به علت وجود چشمه‌های متعدد و بارش خوب، منطقه از پوشش گیاهی تقریباً خوبی برخوردار است. لذا مناطق پست و فروافتاده غالباً به صورت مزارع گندم و به ندرت سایر محصولات می‌باشند.

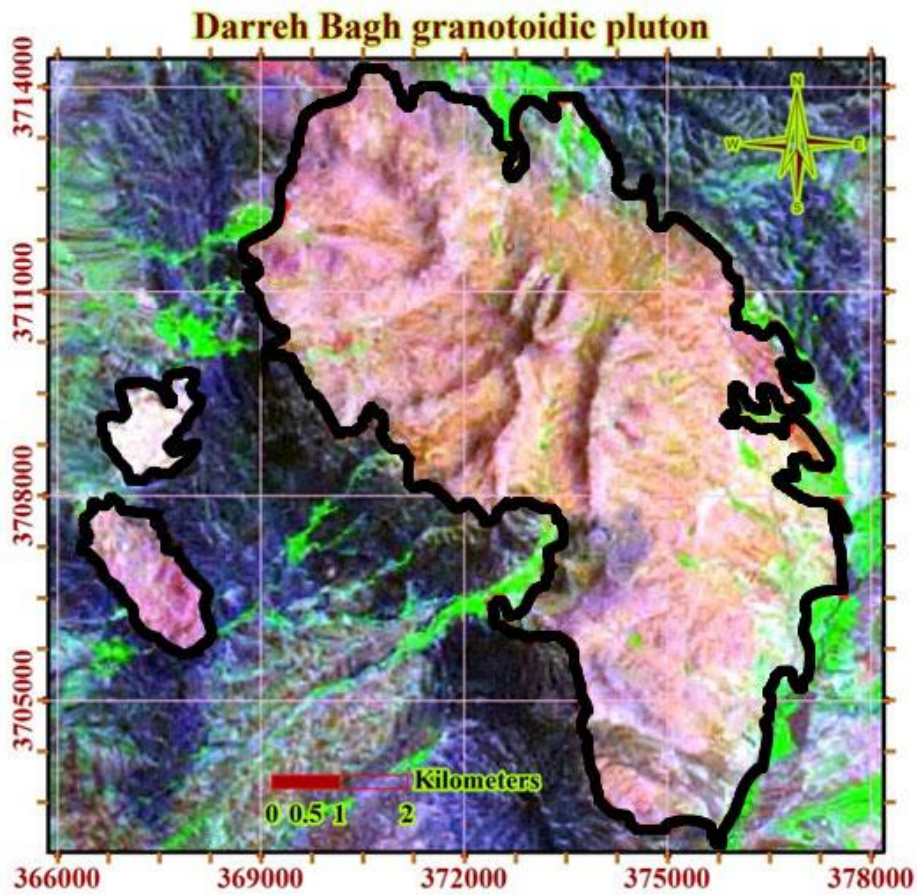
عوامل مختلفی در ایجاد ریخت‌شناسی یک ناحیه نقش ایفا می‌کنند که مهم‌ترین آن‌ها لیتولوژی، زمین‌ساخت و نیز آب و هوای منطقه می‌باشند. این عوامل ریخت‌شناسی منطقه را تحت‌تأثیر قرار داده‌اند. به طوری که در منطقه مورد مطالعه ارتفاعات بلند تا دشت‌های مسطح را می‌توان مشاهده کرد (به شکل ۱-۲ و ۱-۴ نگاه کنید).

وجود اراضی مستعد و مراتع غنی، درصد قابل توجهی از فعالیت ساکنین روستاهای موجود در محدوده رخنمون توده گرانیتوئیدی دره‌باغ را به کشاورزی و دامداری معطوف کرده است. از محصولات عمده منطقه می‌توان به گندم، سیب‌زمینی، لوبیا، لبنیات و عسل اشاره کرد. همچنین صنایع دستی شامل هنرهای سرامیکی، قالی‌بافی، گلیم‌بافی و جاجیم‌بافی به عنوان محصولات دیگر منطقه به شمار می‌روند. معادن سنگ نمای گرانیتی متروکه، بیانگر آنست که در گذشته عده‌ای از مردم به فعالیت‌های معدنکاری اشتغال داشته‌اند.

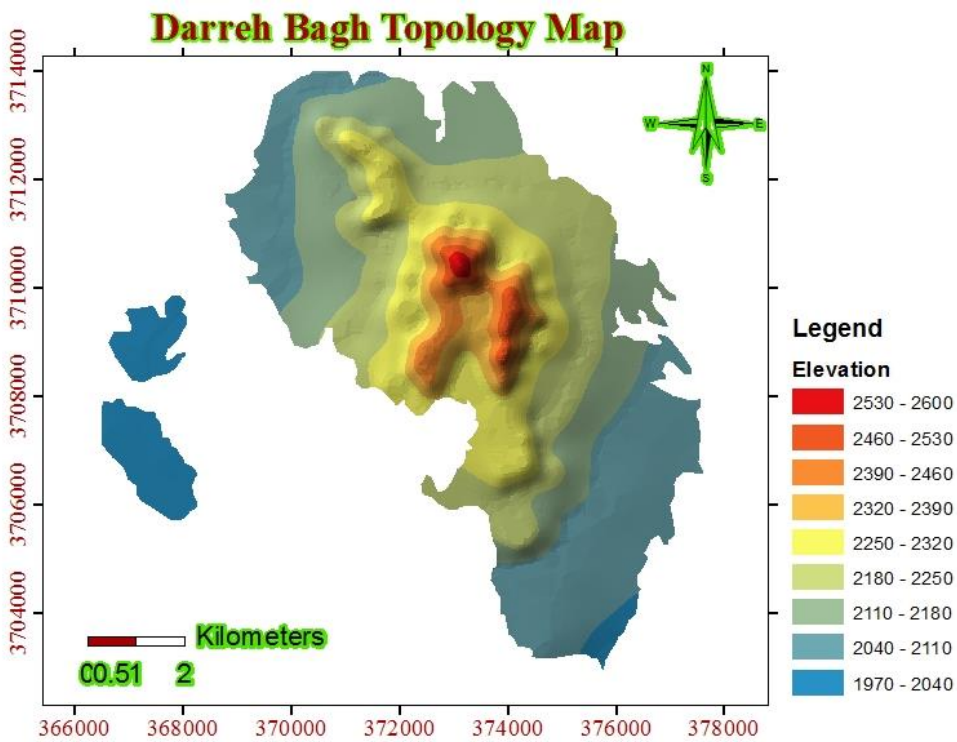
تصاویری از آثار باستانی بر روی سنگ‌های پلیتی دگرگون شده در شکل ۱-۵ دیده می‌شود.



شکل ۱-۱- نقشه‌های نشان‌دهنده موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه که با کادر مشخص شده است (اقتباس از سایت [www.Iranview.com](http://www.Iranview.com)). نقشه تفصیلی راه‌های ارتباطی و روستاهای موجود در محدوده مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10 ترسیم شده است.



شکل ۱-۲- تصویر ماهواره‌ای Landsat منطقه مورد مطالعه برگرفته از نرم‌افزار MrSIDViewer. توده گرانیتوئیدی درّه-باغ و سنگ‌های متاپلیتی میزبان آن در این تصویر مشاهده می‌شوند.



شکل ۱-۳- نقشه توپوگرافی سه بعدی (توپولوژی) توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ.



شکل ۱-۴- دورنمایی از منطقه مورد مطالعه در شمال شرق روستای تارزان (دید به سمت شمال شرق). تصویر روستای تارزان در این تصویر دیده می شود.



شکل ۱-۵- تصاویری از سنگ‌نگاره‌های باستانی ترسیم شده بر روی سنگ‌های پلیتی دگرگون شده (از نوع مجاورتی (کردیریت-هورنفلس)) در جنوب توده گرانیتوئیدی دره‌باغ. در سنگ‌نگاره‌ها تصاویری از شکارچیان و بزهای کوهی دیده می‌شود.



#### ۱-۴- تاریخچه مطالعات پیشین در منطقه

تيله و همكاران (۱۹۶۴) از اولين محققانى بودند كه به تهيه نقشه زمين‌شناسى ۱:۲۵۰۰۰۰ گليپايگان پرداختند.

ابراهيمى (۱۳۷۰) در قالب پايان‌نامه كارشناسى ارشد، زمين‌شناسى و پترولوژى سنگ‌هاى آذرين شمال گليپايگان را بررسى کرده است.

نقشه زمين‌شناسى ۱:۱۰۰۰۰۰ اليگودرز توسط سهيلي و همكاران در سال ۱۳۷۱ تهيه شده است. پترولوژى و زمين‌شناسى سنگ‌هاى دگرگونى و آذرين توده بوئين - مياندشت (جنوب شرق اليگودرز) توسط قاسمى (۱۳۷۱)، مورد بحث و بررسى قرار گرفته شده است.

پترولوژى و ژئوشيمى توده نفوذى شمال غرب اليگودرز در قالب پايان‌نامه كارشناسى ارشد به طور اجمالى توسط صديقى (۱۳۷۳)، مورد بررسى قرار گرفته است. نامبرده گرانيت‌هاى منطقه را از نوع گرانيتويدهاى پرآلومين نوع (S) تشخيص داده است و آن‌ها را در سه دسته گرانيت، مونزوگرانيت و گرانوديوريت تقسيم‌بندى نموده است. همچنين اين سنگ‌ها را مربوط به بعد از كوهزايى (POG) مى‌داند.

شريفى (۱۳۷۶) زمين‌شناسى و پترولوژى سنگ‌هاى دگرگونى و آذرين منطقه شمال شرق گليپايگان را در رساله كارشناسى ارشد بررسى نموده است. نامبرده اذعان کرده كه اين سنگ‌ها از نوع ساب‌آلكالن و كالكوآلكالن مى‌باشند. اين توده‌ها را جزء گرانيتويدهاى نوع S يا گرانيتويدهاى با منشأ پوسته قاره‌اى طبقه‌بندى کرده و همچنين از نوع گرانيتويدهاى درون قاره‌اى و پس از كوهزايى معرفى نموده است.

محجل (۱۳۷۷) چندشكلى و توالى چين‌هاى كمپلكس ژان، درود-ازنا (زون سنندج - سيرجان) را بررسى کرده است.

پترولوژی و ژئوشیمی کمپلکس توده گرانیتوئیدی بروجرد توسط احمدی خلجی (۱۳۷۸) به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

پترولوژی و ژئوشیمی توده‌های گرانیتوئیدی شمال الیگودرز، با تأکید بر روی آنکلاوهای منطقه مورد مطالعه، در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد توسط باقری (۱۳۸۰) مورد بررسی قرار گرفته است. نامبرده این توده گرانیتوئیدی را در زمره گرانیت‌های نوع S جای داده و ماهیت توده را پرآلومین تشخیص داده است. همچنین براساس عناصر نادر خاکی، محیط تکتونیکی از نوع قوس آتشفشانی (VAG) برای توده در نظر گرفته است.

بررسی توان کانی‌سازی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ توسط باقریان (۱۳۸۴) مورد مطالعه قرار گرفته است. توده نفوذی دهنو واقع در شمال شرق الیگودرز توسط رجائی (۱۳۸۴) مورد بررسی قرار گرفته است. سنگ‌های نفوذی این منطقه را از نوع کالک‌آلکان تشخیص داده که در محیط قوس آتشفشانی تشکیل شده است. و از ویژگی‌های غالب گرانیتوئیدهای نوع (S) برخوردار است. نامبرده این توده گرانیتوئیدی را در زمره گرانیت‌های هیبریدی جای داده است.

پتروگرافی و ژئوشیمی توده نفوذی روستای ملاطالب پهنه سنندج - سیرجان شمال الیگودرز توسط عبداللّهی (۱۳۸۷) بررسی شده است. نامبرده توده گرانیتوئیدی را در زمره گرانیتوئیدهای نوع S معرفی کرده است.

ذخایر سنگ‌های تزئینی و نما موجود در منطقه الیگودرز توسط درویشی (۱۳۸۷) مورد بررسی قرار گرفته است.

پترولوژی و ژئوشیمی گرانیت‌های منطقه آستانه توسط طهماسبی (۱۳۸۸) مورد مطالعه قرار گرفته است و نامبرده توده گرانیتوئیدی را از نوع I و دارای سن ژوراسیک میانی معرفی کرده است و یک جایگاه تکتونیکی از نوع قوس ماگمایی برای آن در نظر گرفته است.

توده‌های گرانیتوئیدی شمال ازنا در قالب پایان‌نامه دکتری از لحاظ ژئوشیمی و پترولوژی توسط شبانیان (۱۳۸۸) مورد بررسی قرار گرفته است. نامبرده گرانیت‌های منطقه مذکور را در زمره

گرانیت‌های نوع A قرار داده است و زمان نفوذ و جایگیری این توده تریاس بالایی تا ژوراسیک زیرین در نظر گرفته است.

داودیان (۱۳۸۹)، توده‌های گرانیتوئیدی حاشیه رودخانه زاینده‌رود، پهنه برشی شمال شهرکرد را مورد بررسی قرار داده است.

مجله (۲۰۰۳) با بررسی ساختار تکتونیکی زون سنندج- سیرجان آن را جزئی از کوهزایی زاگرس دانسته و آنرا زون زاگرس فلس مانند نامیده است.

اثنی‌عشری (۱۳۹۰) در قالب رساله دکتری و با ارائه چندین مقاله، به بررسی پترولوژی و ژئوشیمی گرانیتوئیدهای شمال و شمال غرب الیگودرز پرداخته است، نامبرده با توجه به ژئوشیمی و ژئوکرونولوژی U-Pb زیرکن کمپلکس گرانیتوئیدهای الیگودرز، میانگین سنی ۱۷۶-۱۴۶ میلیون سال (معادل ژوراسیک میانی) را برای آن در نظر گرفته است. لازم به ذکر است، با عنایت به شواهد صحرایی روشن، مطالب مندرج در مقالات ذکر شده در زمینه بررسی ژنز آنکلاوها تا حد زیادی با اشتباه همراه می‌باشد.

#### ۱-۵- تاریخچه مطالعات پیشین در زمینه AMS در ایران:

قلمقاش (۱۳۸۱) توده نفوذی اشنویه را در قالب رساله دکتری خود به روش AMS مطالعه کرده است. نتایج حاصل از آن را به صورت رساله دکتری و مقاله (قلمقاش، ۲۰۰۹) منتشر شده است.

وکیلی (۱۳۸۲) پایان‌نامه خود را در راستای روش AMS به صورت کتاب‌نگاری عرضه کرده است. صادقیان (۱۳۸۳) در رساله دکتری خود بخشی از توده نفوذی زاهدان را به کمک روش AMS مورد بررسی قرار داده است و نتایج آن در قالب رساله دکتری و مقاله (صادقیان، ۲۰۰۵ و صادقیان، ۱۳۸۳) منتشر شده است.

اسماعیلی (۲۰۰۷) مدل ژئودینامیکی جایگیری توده گرانیتوئیدی شاه‌کوه را با استفاده از تکنیک AMS مطالعه کرده که نتایج آن در مجله تکتونوفیزیک به چاپ رسیده است.

رسولی (۱۳۸۷) در قالب رساله کارشناسی ارشد ناهمگنی خودپذیری مغناطیسی توده گرانیتوئیدی بروجرد را مورد مطالعه قرار داده است. مدل ژئودینامیکی توده مزبور را بر پایه مدل جاسازی، با ایجاد فضاهای کششی به وجود آمده در تکتونیک کششی عنوان کرده است.

شیبی (۱۳۸۸) به عنوان بخشی از رساله دکتری خود، مکانیسم جایگزینی باتولیت گرانیتوئیدی شیرکوه یزد را مطالعه نموده است. نتایج این تحقیق در مقاله شیبی و همکاران (۲۰۱۰) به چاپ رسیده است.

احدنژاد (۱۳۸۸) با استفاده از روش AMS و در قالب رساله دکتری خود مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی ملایر را مطالعه کرده داده است.

نواب مطلق مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی مشهد به روش AMS را در قالب رساله دکتری خود مورد بررسی قرار داده است. نامبرده در دانشگاه زوربخ سوئیس در حال گذراندن رساله دکتری خود می باشد ولی تاکنون نتایجی از کار وی منتشر نشده است.

گوانجی (۱۳۸۹) مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی جنوب ظفرقند (اردستان) را به وسیله روش AMS در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد، مورد مطالعه قرار داده است.

میرزایی (۱۳۸۹) مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی شمال گلپایگان را به وسیله روش AMS در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد، مورد مطالعه قرار داده است.

بررسی مقدماتی تغییرات ناهمگنی خودپذیری مغناطیسی در توده گرانیتوئیدی ازنا توسط مردانی (۱۳۸۹) انجام گرفته است.

مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی گل زرد (شمال غرب الیگودرز) توسط بدلو (۱۳۸۹) و توده گرانیتوئیدی الوند توسط اصلانی (۱۳۹۰) همزمان با انجام این پایان نامه در حال انجام می باشد و نتایج اولیه مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی گل زرد در قالب چند مقاله کنفرانسی ارائه شده است.

لازم به ذکر است، مطالعات افرادی چون قلمقاش، صادقیان، اسماعیلی، رسولی، شیبی، وکیلی و احدنژاد در آزمایشگاه پول سباتیه تولوز کشور فرانسه، تحت نظر پروفیسور ژان لوک بوشه انجام گرفته

است. خوشبختانه با فراهم شدن امکانات مناسب آزمایشگاهی در ایران امکان انجام کلیه اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این روش، در داخل کشور مهیا گردیده است. اولین مطالعه، تحت عنوان بررسی مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی جنوب ظفرقند (اردستان) به وسیله روش AMS (گوانجی ۱۳۸۹) در آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود با موفقیت کامل انجام شد و به نتایج قابل توجهی نیز دست یافت. در طی انجام تحقیق ذکر شده، بسیاری از مشکلات دستگاهی و نرم‌افزاری حل و فصل گردید و اکنون زمینه برای بررسی سازوکار جایگزینی توده‌های گرانیتوئیدی پیش از پیش فراهم گشته و انجام این‌گونه مطالعات آسانتر و سریعتر شده است.

با خریداری دستگاه حساسیت‌سنج مغناطیسی مدل MFK1-FA توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور در سال ۱۳۸۶ و دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۸۷، آزمایشگاه محیط و دیرینه مغناطیس سازمان و آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود به طور جدی شروع به کار کرده‌اند مردانی، بدلو و شکاری در دانشگاه صنعتی شاهرود و میرزایی و اصلانی در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به مطالعه بر روی مناطق تحقیقاتی خود پرداخته‌اند.

## ۱-۶- روش مطالعه

مطالعه به روش انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی (AMS) مستلزم یک برنامه‌ریزی دقیق و منظم قبل از انجام هر عملیات صحرائی می‌باشد. در این روش با مطالعه نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای حاصل از مطالعات پیشین، برآوردی دقیق از تعداد ایستگاه‌های لازم جهت نمونه‌برداری به دست می‌آید. با این وجود تغییرات و تنوع سنگ‌شناسی، کیفیت سنگ‌ها در رخنمون صحرائی و امکان دسترسی به منطقه تعیین‌کننده تعداد ایستگاه‌های قابل مغزه‌گیری می‌باشد. همچنین در این مرحله، اطلاعاتی مانند پایان‌نامه‌ها و گزارش‌های زمین‌شناسی منتشر شده از مطالعات پیشین می‌توانند مفید واقع شوند. برداشتهای صحرائی منطقه نیازمند فراهم آوردن لوازمی

از جمله نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ و نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای، کمپاس، چکش، دستگاه حفاری، تراز یاب مغزه و GPS می‌باشد.

پس از انجام بررسی‌ها و مطالعات اولیه، طی سه مرحله بازدید صحرایی در مهر و آبان ۸۹ و خرداد ۹۰ مغزه‌برداری، برداشت‌های صحرایی و بررسی‌های زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه انجام گرفت. برای تکمیل مطالعات زمین‌شناسی، علاوه بر مغزه‌گیری از هر ایستگاه، خصوصیات واحدهای سنگی و ارتباط آنها با یکدیگر، ویژگی‌های سنگ‌شناسی (ساخت، برگوارگی و خطوارگی)، پراکندگی آنکلاوها، تعیین امتداد دایک‌ها، خصوصیات تکتونیکی (گسل، درزه، شکستگی) و در کل شواهد دقیق صحرایی مورد بررسی قرار گرفت و برای هر ایستگاه در دفترچه یادداشت صحرایی ثبت گردید.

در این بازدیدها از ۱۲۱ ایستگاه نمونه‌برداری (به صورت مغزه‌گیری و در صورت لزوم برداشت نمونه‌های سنگی دستی) صورت گرفت، تعداد ۳۲۵ مغزه تهیه گردید که پس از برش مغزه‌ها به اندازه قطعات استاندارد، ۱۲۰۰ نمونه با طول ۲۲ میلی‌متر حاصل گردید. پارامترهای مغناطیسی این نمونه‌ها توسط دستگاه اندازه‌گیری خودپذیری مغناطیسی در آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود اندازه‌گیری گردید و بیش از ۲۰۰ مقطع نازک نیز از این قطعات و سنگ‌های اطراف ایستگاه‌ها تهیه شد. همچنین جهت تعیین حامل اصلی رفتار مغناطیسی در توده گرانیتوئیدی دره‌باغ ۷ نمونه معرف ترکیبات سنگی متفاوت انتخاب و پودر گردید و به آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کشور ارسال گردید.

#### ۱-۷- اهداف مطالعه

امروزه بررسی فابریک‌های مغناطیسی یا به عبارتی بررسی ناهمگنی خودپذیری مغناطیسی (AMS) به عنوان یکی از روش‌های قابل اعتماد در تعیین سازوکار و جایگزینی توده‌های نفوذی در دنیا قلمداد می‌شود. توده گرانیتوئیدی دره‌باغ، از لحاظ جنبه‌های ژئوشیمیایی، پتروگرافی، پتروژنز و پترولوژی بارها مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. اگرچه هنوز هم سازوکار روشن، صحیح و جامعی

برای آن ارائه نشده است، اما در زمینه بررسی فابریک‌های مغناطیسی این توده تاکنون هیچ مطالعه‌ای صورت نگرفته است. لازم به ذکر است نحوه تشکیل و جایگیری این توده گرانیتوئیدی همراه با توده‌های گرانیتوئیدی همجوار نظیر گل‌زرد و ازنا، در قالب پایان کارشناسی ارشد باغبانی (۱۳۹۰) در دست انجام است که نتایج جالب و با ارزشی به همراه داشته است. در این پایان‌نامه علاوه بر بررسی توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ به روش AMS جهت اطمینان از صحت داده‌های به دست آمده از مطالعات ژئوشیمیایی و آنالیزهای میکروپروب در حال انجام توسط دیگر محققین نظیر اثنی‌عشری و باغبانی و محققین قبلی نظیر عبداللهی، طهماسبی، باقریان، شاهرخی و باقری کمک گرفته شده است. از اهداف مطالعه این تحقیق می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

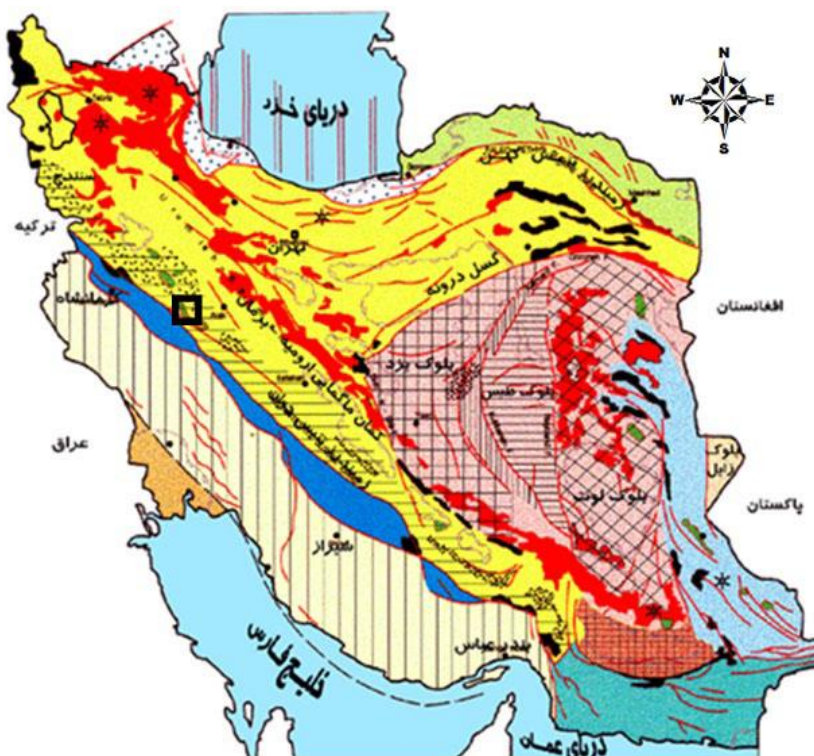
- بررسی انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی، بروی واحدهای سازنده توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ.
- شناخت مناطق تغذیه کننده ماگما.
- بررسی مکانیسم جایگیری توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ.
- ارتباط بین نحوه جایگزینی ماگما و تکتونیک منطقه با استفاده از داده‌های بدست آمده از بررسی‌های مغناطیسی، ساختاری و مطالعه ریزساخت‌های میکروسکوپی.
- ارائه مدل جایگیری توده نفوذی با تلفیق مجموعه داده‌ها و نتایج بدست آمده.
- بررسی سازوکار جایگیری توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ موضوع مورد بحث این پایان‌نامه می‌باشد، که در فصل‌های آتی به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت.

## فصل ۲ : زمین شناسی عمومی



## ۱-۲- زمین شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه

از نظر تقسیم‌بندی ساختاری زمین‌شناسی ایران، توده گرانیتوئیدی دره‌باغ در زون سنندج - سیرجان (آقنابتی، ۱۳۸۳) واقع شده است (شکل ۱-۲).

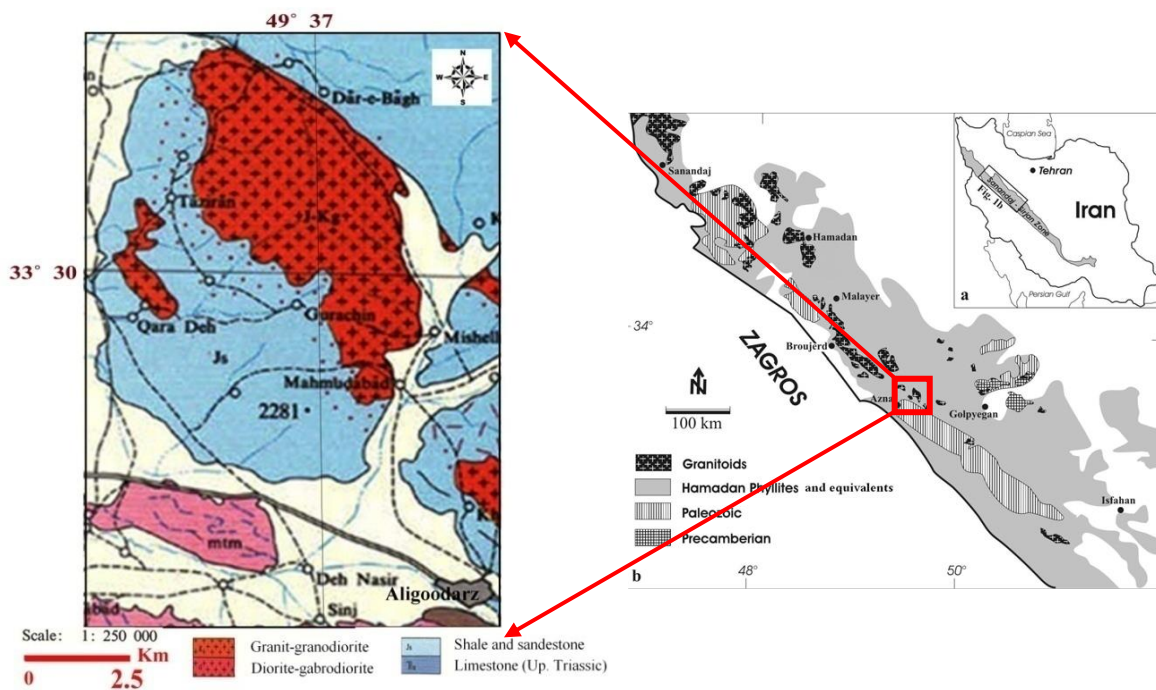


شکل ۱-۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه تقسیم‌بندی ساختاری ایران (آقنابتی، ۱۳۸۳) با □ مشخص شده است.

تحقیقات زمین‌شناسی نظیر پیلگریم<sup>۱</sup> (۱۹۰۸)، فالکن<sup>۲</sup> (۱۹۶۱)، اشتوکلین<sup>۳</sup> (۱۹۶۸)، تکین<sup>۴</sup> (۱۹۷۱)، محجل (۱۳۷۷)، قاسمی (۲۰۰۶)، سپاهی (۲۰۰۶)، رجائی (۲۰۱۰)، طهماسبی (۲۰۱۰) و ... مؤید آن است که زون ساختمانی سنندج - سیرجان یکی از زون ساختمانی مهم ایران محسوب می‌گردد و فازهای دگرگونی و ماگماتیسم متعددی را پشت سر گذاشته است. فرورانش اقیانوس نئوتکتیس به زیر ورقه ایران مرکزی در زمان تریاس پسین موجب پدیدار شدن زون سنندج - سیرجان

1- Pilgrim  
2- Falcon  
3- Stocklin  
4- Takin

گردیده است. از جمله این توده‌های نفوذی می‌توان به نوار گرانیتوئیدی شمال ازنا-الیگودرز اشاره کرد که از چندین توده کوچک و بزرگ تشکیل شده است. این توده‌های گرانیتوئیدی سنگ‌های متاپلیتی به سن اوایل ژوراسیک را قطع کرده‌اند و در برخی نقاط توسط تعداد متعددی دایک‌های مافیک قطع گردیده‌اند. توده گرانیتوئیدی دره‌باغ که در بخش میانی این نوار واقع شده است، موضوع مورد بحث این پایان‌نامه می‌باشد. توده نفوذی دره‌باغ در زمان ژوراسیک پسین در سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای درجه پایین (متاپلیتی - شیستی) اوایل ژوراسیک تزریق شده و با تحمیل دگرگونی مجاورتی بر سنگ‌های میزبان همراه بوده است. در شکل ۲-۲ موقعیت توده گرانیتوئیدی دره‌باغ بر روی بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گلیپگان (تیله و همکاران، ۱۹۶۴) نشان داده شده است. در صفحات بعد، چگونگی تشکیل این توده گرانیتوئیدی و عوامل دخیل در آن به تفصیل، تشریح خواهد شد.



ب

الف

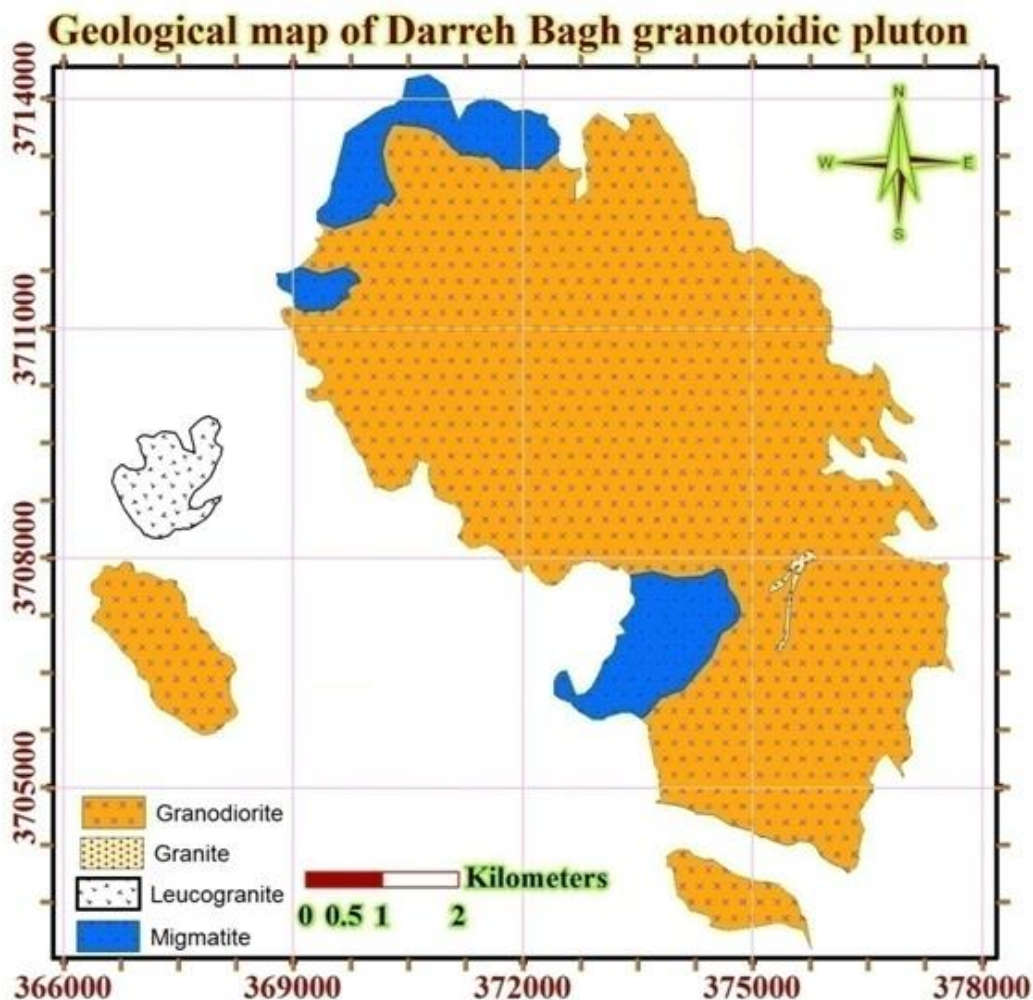
شکل ۲-۲- موقعیت توده گرانیتوئیدی دره‌باغ در نقشه زمین‌شناسی عمومی بخش شمال غربی پهنه سنندج - سیرجان (الف). اغلب گرانیتوئیدهای موجود در این پهنه دارای شکل عدسی کشیده بوده، راستای شمال غرب- جنوب شرق داشته و بیشتر در مجموعه فیلیت‌های همدان برونزد یافته‌اند (محل، ۱۳۸۴). ب- بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گلیپگان (تیله و همکاران، ۱۹۶۴) که موقعیت توده گرانیتوئیدی دره‌باغ بر روی آن نشان داده شده است.

شواهد صحرایی و مطالعات میکروسکوپی معرّف آن است که گرانیت‌زایی منجر به تشکیل این توده گرانیتوئیدی و سایر توده‌های گرانیتوئیدی زون سنندج- سیرجان ناشی از یک سلسله حوادثی است که در طی چند مرحله صورت گرفته‌اند و در نهایت به تشکیل و جایگزینی این توده گرانیتوئیدی منجر شده‌اند. این سلسله حوادث یا فرایندها در مطالعات پیشین کمتر مورد توجه قرار گرفته و به ندرت آثار درک آن در مستندات چاپ شده قبلی مشاهده می‌شود. با توجه به شواهد صحرایی و پتروگرافی، در اثر جایگیری ماگماهای بازیک - حدواسط (با ترکیب گابرو تا دیوریت) در بین مجموعه متاپلیتی (اسلیت، فیلیت، میکاشیست و گارنت میکاشیست) دما بالا رفته (دگرگونی مجاورتی گسترده‌ای صورت گرفته) و تا حد ذوب مجموعه دگرگونی پیش‌رفته است. ابتدا آندالوزیت هورنفلس و سپس سیلیمانیت هورنفلس تشکیل شده است و با گذر از مرز دمایی ذوب متاپلیت‌ها، ماگماهای گرانیتوئیدی به وجود آمده‌اند. سپس ماگماهای تولید شده به ترازهای بالاتر پوسته صعود کرده و جای گرفته‌اند. مشتقات تفریق‌یافته آنها یعنی لوکوگرانیت‌ها و پگماتیت‌های تورمالین‌دار به صورت دایک یا رگه و رگچه، گرانیت‌ها و گرانودیوریت‌ها را قطع کرده‌اند. جایگیری آنها با دگرگونی مجاورتی کم وسعتی در حد کردیریت هورنفلس همراه بوده است. بر اساس شواهد صحرایی اختلاف زمانی بین توده‌های بازیک و فلسیک چندان زیاد نیست. با توجه به کلیه شواهد موجود از جمله حضور گسترده زینوکریست‌های آندالوزیت، آنکلاوهای متاپلیتی (شیستی و هورنفلسی) آنکلاوهای زینولیتی ماسه‌سنگی دگرگون شده، زینولیت‌های کوارتزی، حضور گسترده بیوتیت، حضور تورمالین و بقایای گارنت در سنگ‌های گرانودیوریتی، می‌توان گفت که توده گرانیتوئیدی مورد نظر، در زمره گرانیتوئیدهای تیپ S (پالین‌ژنتیک) قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است ترکیب سنگ مادری که به تشکیل گرانیت‌ها منجر شده و منبعی که گرمای لازم برای ذوب سنگ مادر مورد نظر را فراهم کرده، در نقاط مختلف، تفاوت‌هایی داشته که در ترکیب سنگ‌شناسی توده‌های گرانیتوئیدی و آنکلاوهای موجود در آنها انعکاس یافته است. ضمناً در محدوده بسیار کم وسعتی از حاشیه غربی توده رخنمونی

از سنگهای دیوریتی گسیخته شده مشاهده شده است. فضای بین قطعات گسیخته شده را گرانودیوریتها به خود اختصاص می دهند (Esna-Ashari et.al, 2011).  
در ادامه با تشریح واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه به شرح جزئیات حوادث صورت گرفته، خواهیم پرداخت.

## ۲-۲- واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه

بر اساس سن زمین‌شناسی، واحدهای سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند: ۱- اوایل ژوراسیک (مجموعه متاپلیتی اسلیت، فیلیت، میکاشیست)، ۲- اواخر ژوراسیک (توده نفوذی مورد مطالعه)، ۳- کواترنر (آبرفت، مخروط افکنه) (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳- نقشه زمین‌شناسی اصلاح شده توده گرانیتوئیدی دره‌باغ (شکاری، ۱۳۹۰).

## ۲-۲-۱- اوایل ژوراسیک (مجموعه متاپلیتی اسلیت، فیلیت، میکاشیست)

مجموعه متاپلیتی منطقه مورد مطالعه شامل اسلیت، فیلیت، میکاشیست و گارنت میکاشیست (معادل دگرگونی سنگ‌های شیلی - ماسه‌سنگی شمشک به سن ژوراسیک زیرین) می‌باشد و بخشی از زون سنندج- سیرجان می‌باشد. رسوبات پلیتی، پسامیتی، ماسه‌سنگی و گاه آهکی و آهکی دولومیتی در زمان تریاس پسین تا اوایل ژوراسیک تحت تأثیر فازهای دگرگونی درجه پایین در حد رخساره شیست‌سبز، دگرگون شده و مجموعه متاپلیتی، متاپسامیتی، ماسه‌سنگ‌های دگرگون شده و آهک‌های تبلور مجدد یافته را به وجود آورده است. این مجموعه به عنوان سنگ میزبان توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ، توسط تعداد اندکی دایک میکرودیوریتی قطع شده‌اند (باغبانی، ۱۳۸۹؛ مردانی، ۱۳۸۹).

## ۲-۲-۲- ژوراسیک میانی (توده نفوذی مورد مطالعه)

توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ و سنگ‌های دربر گیرنده آن در بخش میانی زون ساختاری سنندج سیرجان رخنمون دارند. نفوذ توده‌های بازیگ - حدواسط با ترکیب گابرو تا دیوریت به دگرگونی مجاورتی سنگ‌های متاپلیتی شامل اسلیت، فیلیت، میکاشیست و گارنت میکاشیست منجر شده است و کانی‌های شاخص دگرگونی مجاورتی نظیر آندالوزیت و سیلیمانیت در آنها تشکیل گردیده است، با بالاتر رفتن دما این مجموعه دگرگونی مجاورتی ذوب شده و این ماگمای تازه تشکیل شده به همراه آنکلاوهایی از سنگ‌های دربرگیرنده مذاب حاصله، به ترازهای بالاتر پوسته صعود کرده است. این جایگیری در بین مجموعه متاپلیتی نیز بی‌تأثیر نبوده و دگرگونی مجاورتی کم وسعتی در حد کردیریت- هورنفلس را بر سنگ‌ها تحمیل کرده است که در حاشیه جنوبی و شرقی توده به وضوح قابل مشاهده می‌باشد. آنکلاوه‌های متاپلیتی از جمله آنکلاهای آندالوزیت- هورنفلسی، میکاشیستی، ماسه‌سنگی دگرگون شده، زینولیت‌های سیلیسی و زینوکریست‌های آندالوزیتی با فراوانی متغیر در سراسر توده مشاهده می‌شود که از ویژگی‌های بارز این توده محسوب می‌گردد. این آنکلاوه‌های به صورت اشکی، کشیده، کروی و بی‌شکل در داخل این سنگ‌ها دیده می‌شوند و غالباً جهت‌یافتگی‌هایی

زیبا و هم‌راستا با برگوارگی توده را به نمایش می‌گذارند. بعد از جایگیری، تودهٔ گرانیتوئیدی دارای ترکیب گرانودیوریتی- گرانیتی تفریق یافته و لوکوگرانیت‌ها و پگماتیت‌های گهگاه تورمالین‌دار را به وجود آورده است که به صورت دایک و رگه یا رگچه آپلیتی و پگماتیتهای، گرانیت‌ها و گرانودیوریت‌ها را قطع کرده‌اند. البته با توجه به شواهد صحرایی استنباط می‌گردد فاصله زمانی بین توده‌های بازیک و فلسیک چندان زیاد نبوده است. دگرگونی دمای بالا و ذوب متاپلیت‌ها موجب میگماتیت‌زایی در مقیاس گسترده گردیده است. در حاشیه‌های شمالی و غربی تودهٔ گرانیتوئیدی دره‌باغ به وضوح مشاهده می‌شود که با پیشرفت ذوب، میگماتیت‌ها به گرانودیوریت‌ها تحول یافته‌اند. براساس مشاهدات صحرایی، سنگ‌های نفوذی رخنمون یافته در منطقه را می‌توان به صورت گرانودیوریت، گرانیت، لوکوگرانیت، میگماتیت و آنکلاوهای متاپلیتی تقسیم‌بندی کرد. در شکل ۲-۴ تصاویری از ویژگی‌های بارز سنگ‌های رخنمون یافته در منطقه مورد مطالعه را می‌توان مشاهده کرد.



ب



الف



د



ج



و



ه



ح



ز

شکل ۲-۴- تصاویری از ویژگی‌های صحرایی تودهٔ گرانیتوئیدی درهٔ باغ. الف- نمایی از سنگ‌های گرانودیوریتی منطقه (دید به سمت جنوب شرق)؛ ب- میگماتیت‌زایی در شمال غرب روستای تارزان؛ ج- تصویری از یک رگه پگماتیستی که سنگ‌های گرانودیوریتی را قطع کرده است (دید به سمت شمال)؛ د- مرز بین توده و مجموعه دگرگونی اطراف آن در حاشیه شمال شرقی توده؛ ه- آنکلاو سورمیکاسه در برگیرنده بخشی از توده‌های سیلیسی با منشاء دگرگونی (حاصل فرایندهای آبدایی- شستشوی سیلیس و تبلور مجدد) در سنگ‌های گرانودیوریتی؛ و- آنکلاو سورمیکاسه با امتداد شمال غرب- جنوب شرق، طول کمپاس، در راستای جهت شمال قرار گرفته است؛ ز- لوکوگرانیت‌های رخنمون یافته در بخش غربی توده (دید به سمت جنوب)؛ ح- پگماتیت‌های بسیار غنی از تورمالین، در محل معدن متروکه سیلیس جنوب روستای ملاطالب.

### ۲-۲-۳- کواترنر (آبرفت‌ها و واریزه‌ها)

رسوبات آبرفتی حاصل فرسایش واحدهای سنگی و هوازدگی گرانیتوئیدهای منطقه و رسوبات آبراهه‌های منطقه هستند. این رسوبات بیشتر در سمت شرقی توده دیده می‌شود. رسوبات آبرفتی و آبراهه‌ها بخش‌های وسیعی از تودهٔ درهٔ باغ را پوشانده است و موجب ایجاد زمین‌های کشاورزی مناسبی گردیده است. البته این موضوع باعث شده تا ارائه شبکه منظمی برای مغزه‌برداری با مشکلاتی همراه شود، چون در این مناطق محل مناسب برای مغزه‌گیری وجود ندارد و یا یافتن آن بسیار مشکل است.

این مناطق قسمت‌های حاشیه‌ای توده را در بر می‌گیرند، از این رو، نبود ایستگاه مغزه‌گیری در حاشیه‌های توده به این دلیل می‌باشد.

## ۲-۳ - زمین‌شناسی اقتصادی منطقه

تودهٔ گرانیتوئیدی دره‌باغ یک منبع عظیم از سنگ‌های تزئینی است اما بهره‌برداری از آنها به دلیل عملکرد نیروهای تکتونیک و ایجاد گسل‌ها و شکستگی‌های مرتبط با آنها و حضور زینولیت‌های کوارتزی و آنکلاوهای تیره‌رنگ فراوان در آنها، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد اما با این وجود چند معدن سنگ از جمله معدن گل‌سنگ، در گوشه و کنار این توده مشاهده می‌شود که از رونق چندانی برخوردار نیست. تورمالین‌زایی به وفور بصورت دانه‌ریز در رگه‌های آپلیتی و بصورت دانه‌درشت در رگه‌های متعدد پگماتیتی به همراه سیلیس در تودهٔ گرانیتوئیدی دره‌باغ رخ داده است. تورمالین‌های توده‌های پگماتیتی دره‌باغ اغلب سیاه رنگ هستند و به طول حداکثر ۱۵ سانتی‌متر می‌رسد. تورمالین‌زایی صورت گرفته از لحاظ بررسی تحولات و دیدگاه علمی حائز اهمیت است.

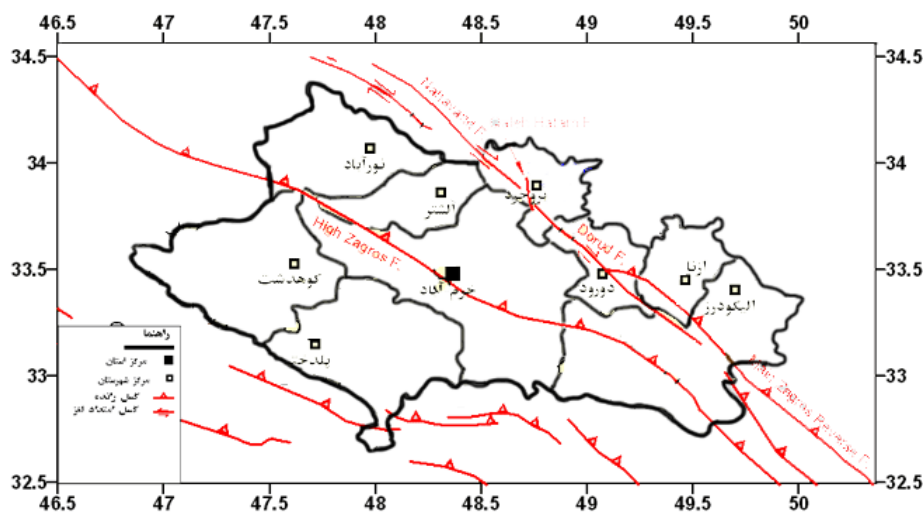
## ۲-۴ - زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک منطقه

زون سنندج - سیرجان ناآرام‌ترین و فعال‌ترین زون ساختاری ایران قلمداد می‌شود که تا زمان سنوزوئیک فازهای دگرگونی و ماگماتیسم مهمی را پشت سر گذاشته است. امتداد کلی آن شمال غرب - جنوب شرق است. بیشتر توده‌های نفوذی گرانیتوئیدی در بخش شمال باختری پهنه سنندج - سیرجان شکل عدسی کشیده و بعضاً چرخیده دارند که از آن جمله می‌توان به توده‌های مهمی مثل الوند، بروجرد، الیگودرز، بوئین - میاندشت و ازنا اشاره نمود. کشیدگی این عدسی‌ها در راستای روند ساختاری غالب مجموعه سنگ‌های دگرگون و چین‌خورده در راستای شمال غرب - جنوب شرق می‌باشد. بعضی از این توده‌ها بشدت در محیط تغییر شکل برشی میلونیتی شده‌اند. در برخی دیگر، تاثیر دگرریختی در گسترش برگواری تکتونیک ضعیف مشاهده می‌گردد و گروهی که با همسویی



روند کشیدگی با روند ساختاری سنگ‌های بستر، چرخش نیز نشان می‌دهند و دگربرخی آشکاری در آنها مشهود نیست (محل، ۱۳۸۴).

با توجه به مطالعات انجام گرفته توسط افرادی نظیر صدیقی (۱۳۷۳)، باقری (۱۳۸۰)، احمدی خلجی (۱۳۸۶)، شریفی (۱۳۸۶) و ... در سایر نقاط زون سنندج- سیرجان می‌توان نتیجه گرفت توده‌های نفوذی این زون تقریباً از یک مکانیسم جایگیری تقریباً مشابهی تبعیت می‌کنند. با توجه به شکل ۲-۵، توده گرانیتوئیدی دره‌باغ در حوضه اثرگذاری حوضه فرورانش نئوتیتیس و فعالیت‌های تکتونیکی زون سنندج- سیرجان قرار گرفته است. از این رو مانند سایر توده‌های این زون در یک رژیم تکتونیکی تراشارشی جایگیری نموده است.



شکل ۲-۵- نقشه گسل‌های نزدیک به منطقه مورد مطالعه، اقتباس از سایت [www.iiees.ac.ir](http://www.iiees.ac.ir)

## فصل ۳ : پتروگرافی

### ۳-۱- بررسی‌های پتروگرافی

در ناحیه مورد مطالعه تنوعی از سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای و مجاورتی یافت می‌شود. سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای شامل مجموعه‌ای از سنگ‌های پلیتی بوده‌اند که متحمل دگرگونی ناحیه‌ای ضعیف تا متوسطی شده است. درجه دگرگونی این واحدهای سنگی در حد رخساره شیست سبز می‌باشد. در اثر نفوذ توده مافیک تا حد واسط در زیر منطقه، بخشی از این سنگ‌ها از دگرگونی مجاورتی برخوردار شده‌اند که به موجب آن کانی‌های شاخص این نوع دگرگونی نظیر آندالوزیت و سیلیمانیت تشکیل گردیده‌اند. با ذوب بیشتر این سنگ‌ها مذاب گرانیتوئیدی حاصل شده و به سمت بالای پوسته صعود کرده است. این مذاب دارای قطعاتی از سنگ‌های بخش دگرگونی مجاورتی، به صورت آنکلاو بوده‌اند حضور آندالوزیت در این آنکلاوها مؤید این موضوع می‌باشد. با صعود مذاب حاصله و جایگیری آن باز دگرگونی مجاورتی کم وسعتی در سنگ‌های متاپلیتی ایجاد گردیده است. ناگفته نماند که محققین قبلی با دیدی نادرست این مکانیسم را مورد مطالعه قرار داده‌اند. از این رو، با توجه به موضوع این پایان‌نامه، این مطلب به طور مختصر بررسی شده است اما همزمان با این پایان‌نامه تعبیر و تفسیر سنگ‌های نفوذی توسط شیوا باغبانی یکی دیگر از دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش پترولوژی در حال انجام می‌باشد که علاقه‌مندان می‌توانند به آن مراجعه کنند.

بر اساس مطالعات پتروفابریکی و بررسی‌های ریزمقیاس در واحدهای سنگی مختلف می‌توان به نتایج مهم و برجسته‌ای دست یافت و بسیاری از ابهامات علمی را پاسخ داد. در راستای مطالعه فابریک‌های مغناطیسی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ و انجام بررسی‌های پتروگرافی و کانی‌شناسی، علاوه بر مغزه‌گیری، از واحدهای سنگی منطقه نیز نمونه‌برداری انجام گرفت. بدین منظور، بیش از ۲۰۰ مقطع نازک میکروسکپی تهیه گردید، مطالعه این مقاطع نازک تهیه شده در تعیین و شناسایی کانی‌های اصلی، فرعی، ثانویه و ترتیب تبلور آنها، بافت، دگرسانی کانی‌ها، نام سنگ، تأثیر فازهای تکتونیک بر خصوصیات کانی‌ها و ... مفید واقع گردید. بر اساس بررسی‌های پتروگرافی و شواهد صحرایی، سنگ‌های منطقه دره‌باغ مراحل از تفریق‌یافتگی را پشت سر گذاشته است. شواهد تفریق در

رخنمون‌های صحرایی و در مکان‌هایی که دایک‌های تفریق‌یافته، گرانودیوریت‌ها را قطع کرده‌اند به آسانی قابل مشاهده است. تورمالین‌زایی در مراحل آخر تفریق‌یافتگی متداول است. براساس مطالعات صحرایی و میکروسکپی، سنگ‌های این توده به واحدهای زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱- سنگ‌های دربرگیرنده توده دره‌باغ (متاپلیت‌ها، متاپسامیت‌ها)

۲- گرانودیوریت‌ها

۳- گرانیت‌ها و لوکوگرانیت‌ها

۴- پگماتیت‌ها و آپلیت‌ها

۵- آنکلاوها

۶- میگماتیت‌ها

علائم اختصاری مورد استفاده در این فصل عبارتند از (کرتز، ۱۹۹۴):

جدول ۳-۱- علامت اختصاری مربوط به کانی‌ها (کرتز، ۱۹۹۴).			
نوع کانی	علامت اختصاری	نوع کانی	علامت اختصاری
بیوتیت	Bio	هورنبلند سبز	Hb
اسفن	Sph	پلاژیوکلاز	Plg
کلریت	Chl	ارتوکلاز	Or
اپیدوت	Epd	زیرکن	Zr
کوارتز	Qtz	ایلمنیت	Ilm
تورمالین	Tour	اوپک	Opq
گارنت	Gr	سلیمانیت	Sil
آندالوزیت	And	کردیریت	Crd
استارولیت	Str	آپاتیت	Ap

### ۳-۱-۱- سنگ‌های دربرگیرنده توده دره‌باغ (متاپلیت‌ها، متاپسامیت‌ها)

شیل‌ها، گریوک‌ها و ماسه‌سنگ‌های دگرگون شده به صورت متاپلیت‌ها، متاپسامیت‌ها و ماسه‌سنگ دگرگون شده، سنگ‌های دربرگیرنده توده گرانیتوئیدی دره‌باغ را تشکیل می‌دهند. اسلیت، فیلیت، میکاشیست و گارنت میکاشیست واحدهای سنگی عمده سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای می‌باشند. سنگ‌ها به صورت تپه ماهوری در منطقه مشاهده می‌شوند. در نمونه‌دستی دارای رنگ سیاه تا خاکستری و همچنین دانه‌ریز بوده و تا حدی هم لمس چرب دارند. در مطالعات میکروسکپی، بافت لپیدوبلاستی و لپیدوگرانوبلاستی به وضوح در این سنگ‌ها مشاهده می‌شود و عمدتاً از کانی‌های کلریت، بیوتیت و کوارتز تشکیل شده‌اند. سنگ‌های دگرگونی میزبان توده نفوذی مورد مطالعه را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

#### ۱- سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای      ۲- سنگ‌های دگرگونی مجاورتی

سنگ‌های دگرگونی مجاورتی را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد، ۱- سنگ‌های دگرگونی مجاورتی قبل از تشکیل توده نفوذی، ۲- سنگ‌های دگرگونی مجاورتی مرتبط با جایگزینی توده‌های گرانیتوئیدی.

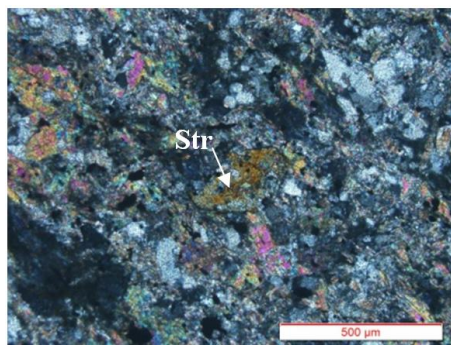
**سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای:** این سنگ‌ها دارای ترکیب سنگ‌شناسی فیلیت، اسلیت، میکاشیست، گارنت میکاشیست و نهایتاً گارنت استارولیت میکاشیست می‌باشد. کانی‌های سازنده این سنگ‌ها، بیوتیت، مسکوویت، کوارتز و گارنت می‌باشد. از بین کانی‌های نامبرده گارنت و استارولیت از کانی‌های شاخص سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای است. این سنگ‌ها بافت لپیدوبلاستی، لپیدوپورفیروبلاستی و پورفیروبلاستی نشان می‌دهند. با توجه به ماهیت سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی این سنگ‌ها، آن‌ها از یک سنگ مادر یا پروتولیت شیلی- ماسه‌سنگی یا ترکیبات حد واسط آن‌ها نظیر پسامیت‌ها تشکیل شده‌اند. این سنگ‌ها معرف دگرگونی در شرایط رخساره شیست سبز تا مراحل آغازی رخساره آمفیبولیت می‌باشد. منتهی بیشتر سنگ‌ها، شواهد دگرگونی در حد رخساره شیست سبز را نشان می‌دهد. تصاویر میکروسکپی از سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای در شکل (۳-۱) نشان داده شده است.

رگه‌های سیلیسی ناشی از فرآیند آب‌زدایی سنگ دگرگونی در شرایط دما و فشار اواخر رخساره شیبست سبز نیز به طور پراکنده در جنوب غرب توده نفوذی دره‌باغ مشاهده می‌شود.

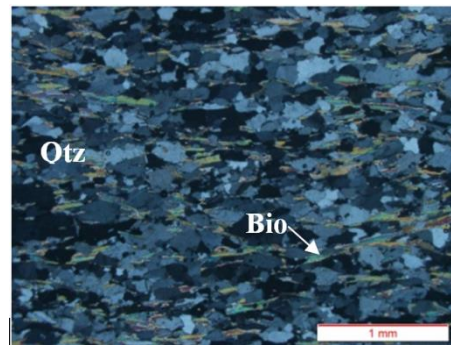
سنگ‌های دگرگونی مجاورتی: همانطور که در ابتدا گفتیم می‌توانیم این‌گونه سنگ‌ها را به دو دسته تقسیم‌بندی نماییم. دسته اول سنگ‌های دگرگونی مجاورتی هستند که در ارتباط با نفوذ و جایگیری توده‌های بازیک و حد واسط تشکیل شده‌اند و دگرگونی در آن‌ها در حد تشکیل آندالوزیت هورنفلس و سیلیمانیت هورنفلس پیش رفته است. شواهد این نوع دگرگونی را می‌توان در بخش‌های میگماتی‌تی و آنکلاوهای آندالوزیت هورنفلسی و آندالوزیت-سیلیمانیت هورنفلسی مشاهده کرد در ضمن زینوکریست‌های فراوان آندالوزیت موجود در توده نفوذی شاهدی دیگر بر این مدعا می‌باشد. آندالوزیت‌ها با ابعاد میلی‌متری تا چند سانتی‌متری در سراسر توده نفوذی دیده می‌شوند. شواهد این پدیده در توصیف آنکلاوهای آندالوزیت هورنفلسی ارائه شده است.

**سنگ‌های دگرگونی مجاورتی** دسته دوم سنگ‌هایی هستند که در اثر جایگزینی توده‌های گرانودیوریتی و یا به عبارت کلی‌تر توده‌های گرانیتوئیدی حاصل شده‌اند. این سنگ‌ها به صورت هاله کم ضخامتی در اطراف توده نفوذی مورد مطالعه مشاهده می‌شود (به ویژه در بخش جنوبی). مقاطع نازک تهیه شده از این سنگ‌ها نشان می‌دهد که آثار دگرگونی مجاورتی به صورت تغییر بافت سنگ‌ها از لپیدوبلاستی، گرانوبلاستی و پورفیروبلاستی و تشکیل پورفیروبلاست‌های کردیریت تجلی پیدا کرده است. البته در بیشتر موارد در اثر تأثیر سیالات گرمایی یا فرآیندهای هوازدگی، کردیریت‌ها دگرسان شده‌اند و شناسایی آن‌ها تا حدودی مشکل است و به طور خلاصه ویژگی‌های بارز کردیریت‌ها را به آسانی به نمایش نمی‌گذارند. برای اطمینان از حضور کردیریت، در این راستا بیش از ۲۰ مقطع نازک، به ویژه از سنگ‌هایی که دارای کمترین فاصله از توده نفوذی بودند تهیه گردید ولی در تمام آن‌ها نیز تشخیص کردیریت به زحمت شناسایی می‌شود. تشکیل کردیریت در هاله دگرگونی سنگ‌های دگرگونی معرف برقراری شرایط دمایی حدود ۴۵۰-۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و فشار حدود ۲ کیلوبار

می‌باشد (شکل ۳-۲). این نوع دگرگونی مجاورتی به هیچ نحو نمی‌تواند حضور آندالوزیت در آنکلاوهای حاوی آندالوزیت را توصیف و توجیه کند و همانطور که قبلاً گفته شد نحوه تشکیل آن‌ها کاملاً متفاوت می‌باشد. آن‌ها در واقع دگرگونی مجاورتی حاصل از جایگزینی توده‌های بازیک هستند که خود دارای دمای حدود ۸۰۰-۹۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشند و می‌تواند این امکان را فراهم کند که دگرگونی در حد تشکیل آندالوزیت هورنفلس و سیلیمانیت هورنفلس یعنی شرایط دمایی حدود ۵۵۰-۶۳۰ درجه سانتی‌گراد صورت پذیرد و این کانی‌های شاخص دگرگونی، در آن‌ها تشکیل شود. در ضمن سایر شواهد نشان می‌دهد که در ادامه روند دگرگونی ذکر شده تحولات مذکور تا مرز گرانیتهایی پیش رفته است. در واقع آنچه به عنوان توده‌های گرانیتهایی دره‌باغ و گل زرد می‌بینیم حاصل این فرآیند می‌باشند. لوکوگرانیته‌ها بخش‌های تفریق‌یافته‌تر توده گرانیتهایی می‌باشند.

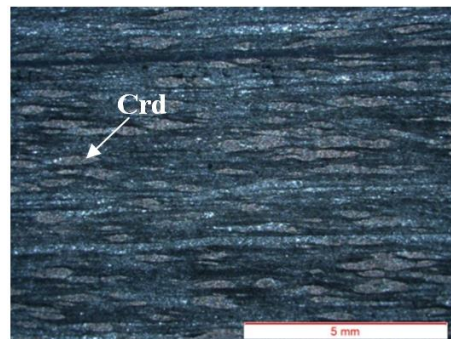
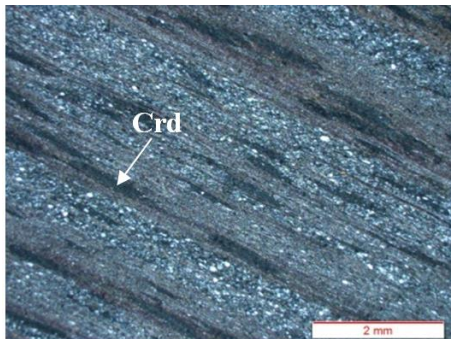


ب



الف

شکل ۳-۱- تصاویر میکروسکوپی نشان‌دهنده کانی‌های شاخص سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای (XPL). الف- حضور کانی‌های کوارتز و بیوتیت و بافت لپیدوبلاستی در شیست. ب- حضور بارز کانی استارولیت در کنار کانی‌های کوارتز، کلریت، مسکوویت و بیوتیت.



شکل ۳-۲- تصاویر میکروسکوپی نشان‌دهنده حضور بارز کانی کردیریت در سنگ‌های دگرگونی مجاورتی (XPL).

### ۳-۱-۲ - گرانودیوریت‌ها

گرانودیوریت، سازنده اصلی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ می‌باشند. این سنگ‌ها در نمونه‌دستی به رنگ خاکستری بوده و دارای بافت‌های فانریتیک از جمله بافت گرانولار و پورفیروئیدی می‌باشند. در بعضی نقاط گرانودیوریت‌ها توسط دایک‌های پگماتیته و آپلیتی قطع شده‌اند.

در توده گرانیتوئیدی دره‌باغ آنکلاوهای متاپلیتی (سورمیکاسه، آندالوزیت - سیلیمانیت هورنفلسی)، سیلیسی، ماسه‌سنگ‌های دگرگون شده و ... یافت می‌شوند. همچنین در سراسر توده گرانیتوئیدی دره‌باغ بلورهای آندالوزیت باقیمانده از ذوب به طور بارز دیده می‌شوند. این آندالوزیت‌ها در واقع از سنگ‌های دگرگونی مادر به ارث رسیده‌اند و در اثر واکنش با سیالات ماگمایی حاوی پتاسیم تا حد زیادی به مسکوویت یا سریسیت دگرسان شده‌اند.

#### کانی‌های اصلی

کانی‌های اصلی سازنده این توده عبارتند از: پلاژیوکلاز، کوارتز، پتاسیم فلدسپار (ارتوز - میکروکلین)، بیوتیت.

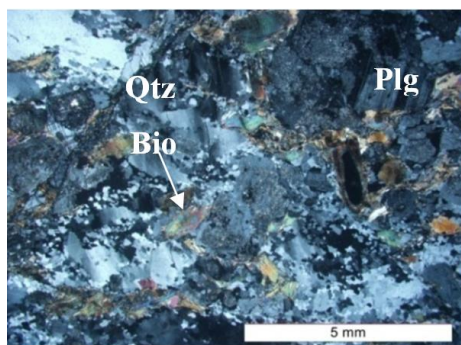
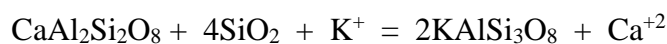
- پلاژیوکلاز: بارزترین و فراوان‌ترین کانی اصلی گرانودیوریت‌ها، پلاژیوکلاز می‌باشد. بلورهای آن شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار بوده و بصورت درشت بلور در بین کانی‌های دیگر قرار می‌گیرد. این کانی با ماکل‌های پلی‌سینتتیک و کارلسباد و منطقه‌بندی ترکیبی به راحتی قابل شناسایی است. در طی دگرشکلی پلاژیوکلازها، این کانی‌ها از حاشیه به دانه‌های ریز تخریب شده‌اند و به عبارتی دانه‌ریز یا ساب‌گرین گردیده است. بخش‌هایی که هنوز خرد نشده‌اند به صورت پورفیروکلاست در زمینه‌ای دانه‌ریز متشکل از همین کانی‌ها یا کوارتز یافت می‌شود (شکل ۳-۳-الف). در طی ساب‌گرین شدن ممکن است دگرسانی از نوع سریسیتی شدن و اپیدوتی شدن نیز بر پلاژیوکلازها تحمیل شود، از این رو پلاژیوکلازها در برخی موارد به سریسیت دگرسان شده‌اند (شکل ۳-۳-ب).

در اثر اعمال فشار بر این فلدسپارها به ویژه پلاژیوکلاز، ماکل مکانیکی و اشکال زیگمایی و دلتایی ایجاد گردیده است (شکل ۳-۳-ج). این پدیده در سنگ‌های مورد مطالعه به وفور مشاهده می‌شود.

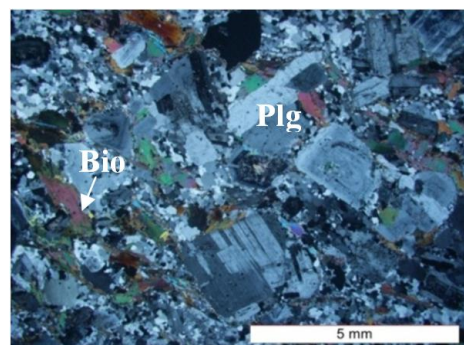


در ضمن تعدادی از بلورهای پلاژیوکلاز توسط رگچه‌هایی از کوارتز که در خارج از بلور به حوضچه‌ها یا تجمعاتی از کوارتز منتهی می‌شوند قطع شده‌اند. این پدیده از شواهد بارز دگرشکلی ساب‌ماگمایی است و معرف شکسته شدن بلورهای تبلور یافته در حضور مقدار اندکی مذاب (کمتر از ۳۰٪) می‌باشد (شکل ۳-۳-د). در بخش‌های مرکزی توده دره‌باغ شواهد ساخت ساب‌ماگمایی بیشتر مشاهده می‌شود. در طی چرخش سیالات گرمایی داغ در درون سنگ، مقادیری Ca، Al، Si، Fe از برخی کانی‌ها نظیر پلاژیوکلاز و بیوتیت شسته شده و سپس در نتیجه، وارد سیال گردیده و نهایتاً به صورت اپیدوت متبلور شده است.

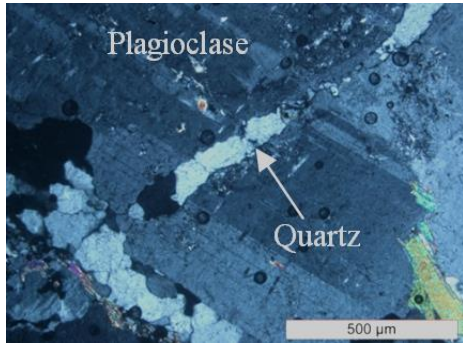
یکی دیگر از شواهد تحمیل تنش بر توده گرانیتوئیدی دره‌باغ، تشکیل میرمکیت (کولینز، ۱۹۸۸؛ ورنون، ۲۰۰۴؛ ورنون، ۲۰۰۸) در حاشیه بلورهای پلاژیوکلاز می‌باشد (شکل ۳-۳-ز). سیالات غنی از پتاسیم به سمت پلاژیوکلازها هجوم آورده و به موجب آن کلسیم و سیلیس آزاد می‌شود. سیلیس اضافی طبق واکنش زیر برای تشکیل کوارتزهای کرمی شکل مصرف می‌شود (کولینز، ۱۹۸۸).



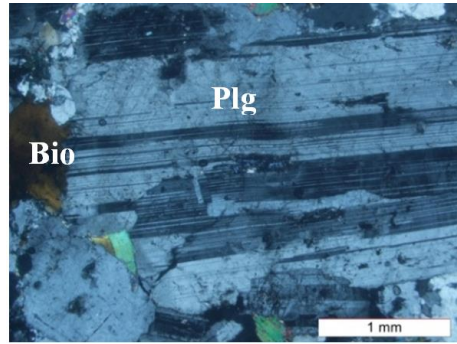
ب



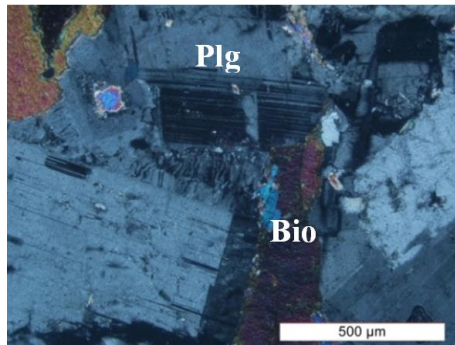
الف



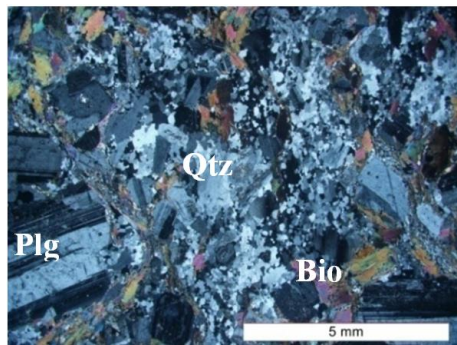
د



ج



ز

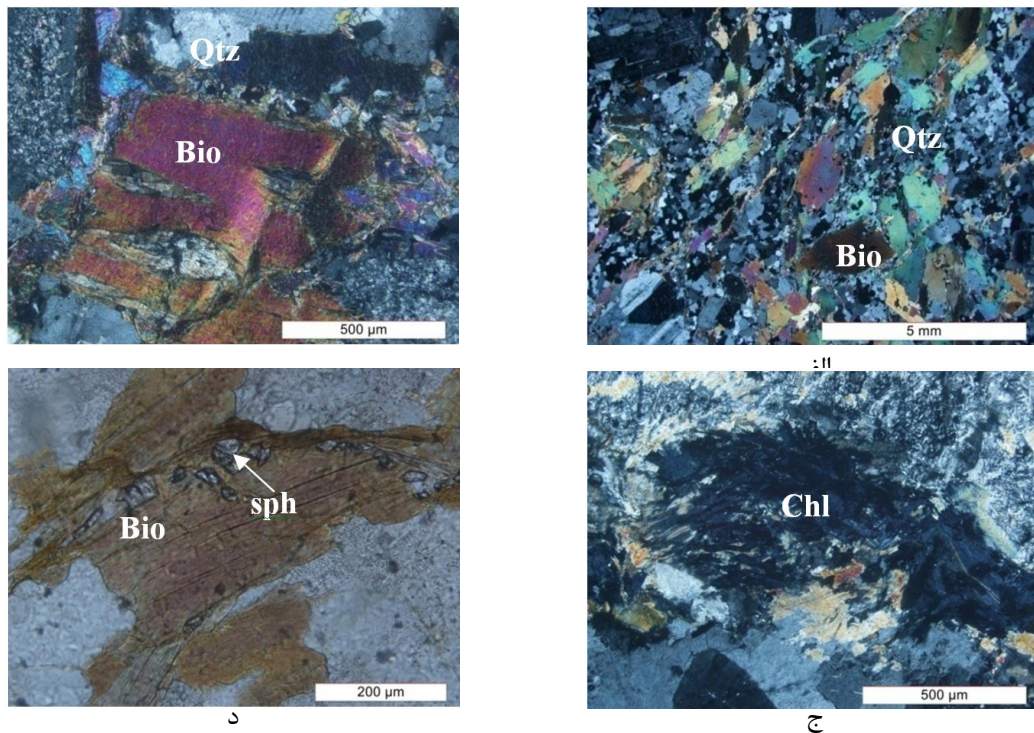


و

شکل ۳-۳- تصاویر میکروسکوپی نشان‌دهنده ویژگی‌های کانی‌شناسی بارز پلاژیوکلازهای سنگ‌های گرانودیوریتی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ (XPL). الف- بافت گرانولار در گرانودیوریت‌ها، همراه با ساب‌گرین شدن که به خرد شدن و دانه‌ریز شدن بلورهای کوارتز منجر شده است و در نتیجه منظره‌ای پورفیروئیدی یا پورفیروکلاستی به سنگ داده است؛ ب- بافت گرانولار در سنگ‌های گرانودیوریتی همراه با پلاژیوکلازهای تا حدودی سریسیتی شده، در این تصویر ساب‌گرین شدن کوارتز به وضوح مشاهده می‌شود؛ ج- ماکل مکانیکی ایجاد شده در پلاژیوکلازهای سنگ‌های گرانودیوریتی؛ د- بافت ساب‌ماگمایی ایجاد شده در گرانودیوریت‌ها که با خرد شدن بلورهای از قبل موجود و تراوش سیالات غنی از سیلیس پایانی در آنها و تشکیل رگه‌های کوارتزی مشخص می‌گردد؛ و- دانه‌ریز شدن کوارتز در سنگ‌های گرانودیوریتی، همانطور که در تصویر دیده می‌شود، کوارتزهای دانه‌ریز موجود در بخش میانی تصویر حاصل تحمیل فشار بر دانه‌های درشت کوارتز می‌باشد؛ ز- بافت میرمیکت ایجاد شده در حاشیه پلاژیوکلاز که حاصل تأثیر موضعی سیالات غنی از پتاسیم بر روی پلاژیوکلاز می‌باشد.

- بیوتیت: توده گرانیتوئیدی دره‌باغ و توده‌های گرانیتوئیدی کوچک شمال قره‌دین، دگرشکلی زیادی را تحمل کرده‌اند، دگرشکلی تحمیل شده به ایجاد برگواری واضح و منظره گنایسی در آن‌ها منجر شده است (شکل ۳-۴- الف). این پدیده بر روی سایر اجزای سازنده سنگ نیز اثر گذاشته است. بیوتیت بصورت دانه‌های نیمه‌شکل‌دار و نسبتاً درشت‌تر دیده می‌شود و کانی‌های همراه آن نظیر کوارتز، پلاژیوکلاز، ارتوکلاز نیز دگرشکلی اندکی نشان می‌دهند. بیوتیت یکی از کانی‌هایی است که با توجه به ساختار صفحه‌ای خود دارای قابلیت زیادی برای تغییر شکل و بروز شواهد دگرشکلی

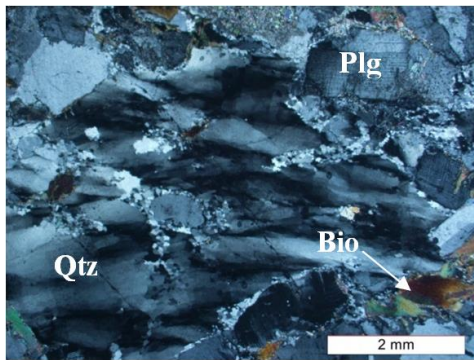
می‌باشد. در صورتی که مقدار تنش کم و به ویژه اگر دما بالا باشد، شواهد دگرشکلی در بیوتیت بیشتر به صورت پیچ و تاب خوردگی (کینکینگ<sup>۱</sup> یا کینک‌باند<sup>۲</sup>) می‌باشد. در دماهای پایین‌تر و تنش‌های بیشتر تغییر شکل بیوتیت به صورت ساب‌گرین شدن و له شدن می‌باشد. در حالت ساب‌سولیدوس دمای پایین این پدیده به وفور اتفاق می‌افتد. پیچ و تاب خوردگی بیوتیت معمولاً در دگرشکلی دمای بالا انجام می‌گیرد (شکل ۳-۴-ب). در صورتی که فرآیند دگرشکلی بیوتیت در حضور سیالات گرمابی انجام شود، بیوتیت به موسکوویت، اسفن و کلریت تبدیل می‌گردد (شکل ۳-۴-ج، د). تبدیل بیوتیت به کانی‌های نام برده معرف انجام این تغییر و تحولات در دماهای بالا می‌باشد. بیوتیت به عنوان کانی مافیک اصلی در گرانودیوریت‌ها حضور دارد. گاهی هورنبلند نیز در گرانودیوریت‌ها یافت می‌شوند که حضور هورنبلند به یک منشأ پلیتی اولیه دارای کمی ترکیبات کلسیم‌دارتر یا آهنی اشاره می‌کند.



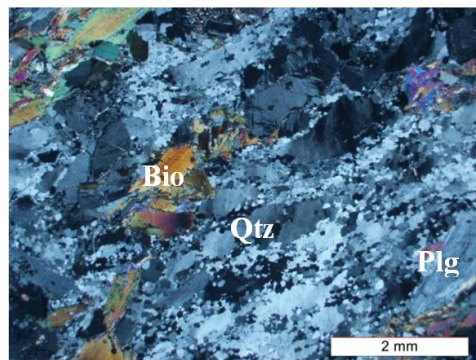
شکل ۳-۴- تصاویر میکروسکوپی نشان‌دهنده برخی از ویژگی‌های بارز بیوتیت‌ها در سنگ‌های گرانودیوریتی. الف- تصویر میکروسکوپی مبین حضور بیوتیت‌های دارای جهت‌یافتگی بارز در گرانودیوریت‌ها (XPL). ب- ایجاد برگوارگی، ساب‌گرین شدن و پیچ و تاب‌خوردگی بیوتیت‌ها در گرانودیوریت‌های توده نفوذی دره‌باغ (XPL). ج- تصویر میکروسکوپی معرف کلریتی شدن بیوتیت در سنگ‌های گرانودیوریتی (XPL). د- دگرسانی بیوتیت به اسفن در سنگ‌های گرانودیوریتی (PPL).

1- Kinking  
2-Kink band

- **کوارتز:** بصورت شکل دار تا بی شکل در بین سایر کانی‌ها حضور دارد. از لحاظ فراوانی دومین کانی سازنده سنگ‌های گرانودیوریتی می‌باشد. دانه‌ریز شدن کوارتز (ساب‌گرین شدن) یکی از شواهد بارز دگرشکلی ساب‌سولیدوس دما بالا می‌باشد (سن اوپا و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۰). در این نوع دگرشکلی پورفیروکلاست‌های کوارتز دارای خاموشی موجی، حاشیه‌ای نامنظم و مژرس می‌باشد (پشیر و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰). این نوع دگرشکلی در بخش اعظمی از سنگ‌های گرانیتوئیدی دره‌باغ مشاهده می‌شود (شکل ۳-۵) که این مسئله با عملکرد تنش‌های برشی حاکم در منطقه هماهنگی و مطابقت دارد. کوارتز در اثر هم‌رشدی با ارتوز بافت گرافیکی زیبایی ایجاد کرده است. از بین کانی‌های سازنده گرانیتوئیدهای مورد مطالعه، کوارتز مستعدترین کانی برای نشان دادن دانه‌ریز شدن و ساخت ساب‌سولیدوس می‌باشد.



ب



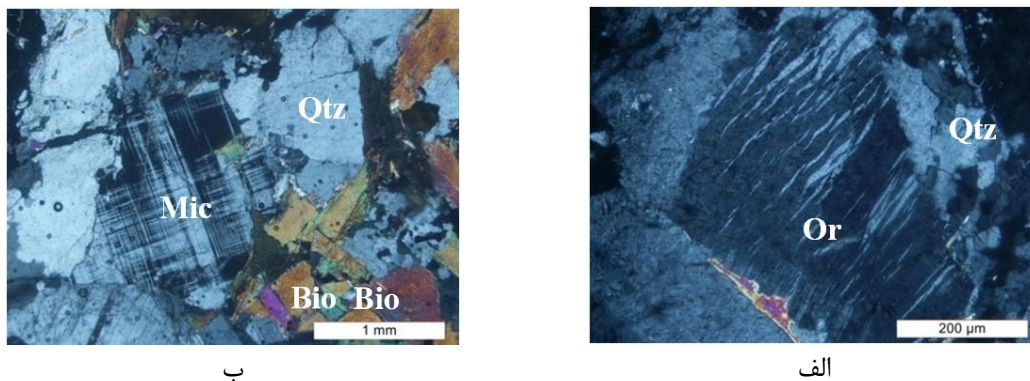
الف

شکل ۳-۵- تصاویر میکروسکوپی مبین دانه‌ریز شدن کوارتز (ساب‌گرین شدن) و میلونیتی شدن آن به عنوان یکی از شواهد بارز دگرشکلی ساب‌سولیدوس دما بالا (XPL). الف- این تصویر دانه‌ریز شدن یا ساب‌گرین شدن شدید کوارتز را نشان می‌دهد. ب- در این تصویر خاموشی موجی و بسیار زیبایی در کوارتزها دیده می‌شود.

- **فلدسپارهای پتاسیک:** در گرانودیوریت‌ها فلدسپارهای پتاسیک از نوع ارتوز و ارتوز پرتیتی می‌باشند. از نظر فراوانی در رده بعد از پلاژیوکلازها قرار می‌گیرند. در برخی موارد فلدسپارهای پتاسیک در اثر دگرسانی به کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند.

1- Sant'Ovaia et.al.  
2- Passarelli et.al.

ارتوز به مقدار اندک و اغلب بی‌شکل با اندازه ۱ تا ۲ میلی‌متر در این سنگ‌ها یافت می‌شود و بافت پرتیتی و رشته‌ای از ویژگی‌های بارز آن می‌باشد و اکثراً بصورت فاز بین دانه‌ای قرار می‌گیرد. در برخی موارد ارتوز در اثر دگرسانی به کانی‌های رسی و سریسیت تبدیل شده است. ارتوز به صورت هم‌رشدی با کانی کوارتز، بافت گرافیکی زیبایی به نمایش می‌گذارد و یا به صورت پوشش باریکی در اطراف پلاژیوکلاز دیده می‌شود. ارتوز گهگاه در اثر دگرشکلی و تحمل تنش‌های تکتونیکی شدید به طور موضعی به میکروکلین تبدیل می‌شود، این امر نشان‌دهنده تغییر سیستم بلورشناسی آن می‌باشد. تحمل تنش به ارتوکلاز باعث می‌شود تا این کانی عکس‌العمل نشان دهد و از سیستم منوکلینیک به سیستم تریکلینیک تغییر سیستم دهد و به بلورهایی با سیستم تقارن کمتر تبدیل شود که در نتیجه میکروکلین تشکیل می‌گردد. در بخش‌هایی از بلورهای ارتوز که به میکروکلین تبدیل شده‌اند ماکل پریکلین به وضوح مشاهده می‌شود (ورنون، ۲۰۰۴). در شکل ۳-۶ ب تبدیل شدگی ارتوز به میکروکلین همراه با ماکل بارز میکروکلین مشاهده می‌شود.



شکل ۳-۶- تصاویر میکروسکوپی از ویژگی‌های کانی‌شناسی فلدسپارهای پتاسیک در سنگ‌های گرانودیوریتی (XPL). الف- بافت پرتیتی رشته‌ای همراه با ساب‌گرین شدن کوارتز در گرانودیوریت‌ها. ب- تصویری از میکروکلین ایجاد شده در اثر تحمل فشار به ارتوز.

### کانی‌های فرعی

کانی‌های فرعی سازنده این توده عبارت است از: مسکوویت، اسفن، زیرکن، آندالوزیت، گارنت، آپاتیت و کانی‌های اوپک.

- **مسکوویت:** مسکوویت حاصل دگرسانی بیوتیت می‌باشد و از واکنش ناقص تا کامل سیالات گرمایی با بیوتیت و گاهی از واکنش این سیالات با پتاسیم فلدسپار تشکیل می‌گردد. در تبدیل بیوتیت به مسکوویت، Mg، Fe، Ti آزاد می‌شود، که این عناصر در ساخت کانی‌های ثانویه نظیر کلریت، اسفن، اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن بویژه هماتیت و به مقدار کمتر مگنتیت استفاده می‌گردند.

- **اسفن:** اسفن از فراوان‌ترین و مهمترین کانی‌های فرعی این سنگ‌هاست که به دو صورت اولیه و ثانویه در گرانودیوریت‌ها یافت می‌شود. اسفن‌های اولیه معمولاً دانه درشت‌تر بوده و شکل کامل‌تری دارند (شکل ۳-۷)، اسفن به صورت ادخال در بیوتیت و گاه در سایر کانی‌ها نظیر پلاژیوکلاز و ارتوزکلاز یافت می‌شود ولی اسفن‌های ثانویه کاملاً بی‌شکل و دانه‌ریز هستند و حاصل دگرسانی بیوتیت یا ایلمنیت می‌باشند. این اسفن‌ها بیشتر در بین بیوتیت‌های کلریتی یا با ایلمنیت مشاهده می‌شود. در طی تبدیل بیوتیت به مسکوویت Ti از شبکه ساختاری بیوتیت آزاد می‌شود و در ساخت اسفن مشارکت می‌کند.

- **زیرکن:** بلورهای منشوری کوتاه و کشیده زیرکن به صورت شکل‌دار تا دانه‌های ریز بی‌شکل مشاهده می‌شوند. این کانی در بیوتیت‌ها و گاهی در فلدسپارها به صورت ادخال یافت می‌شود. این کانی با داشتن رنگ‌های سری بالای جدول رنگی میشل لووی، برجستگی بالا و هاله‌ای تیره که ناشی از تشعشع عناصر رادیواکتیو از زیرکن (هاله پلئوکروئیک) می‌باشد (شکل ۳-۷-ب) در کنار بیوتیت‌های دگرسان شده و کلریت و مسکوویت یافت می‌گردد.

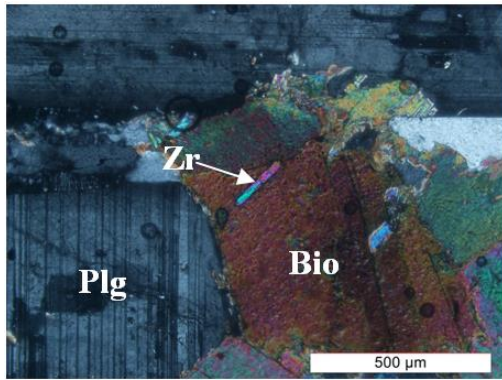
- **آندالوزیت:** زینوکریست‌های درشت آندالوزیت به طول چند میلیمتر تا حدود پنج سانتی متر به صورت پراکنده در درون سنگ‌های گرانودیوریتی یافت می‌شوند. این زینوکریست‌ها شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار بوده و عمدتاً تحت تأثیر سیالات آبدار و پتاسیم‌دار کاملاً به مسکوویت یا سریسیت دگرسان شده‌اند در نتیجه غالباً با حاشیه شیمیر همراه هستند. در مواردی شدت دگرسانی به حدی است که آثار خیلی محدودی از این بلورها بر جای مانده است (شکل ۳-۷-ج).

- **گارنت:** به صورت بلورهای بی‌شکل همراه با مسکوویت و بیوتیت یافت می‌شود (شکل ۳-۷-ج). این گارنت‌ها از فراوانی و تمرکز کمی برخوردارند و در واقع از جمله کانی‌هایی هستند که در طی فرآیند ذوب، مصون مانده‌اند و به درون مذاب راه یافته‌اند. در برخی موارد، گارنت تحت تأثیر واکنش با سیالات مواد مذاب، دگرسانی شده و به کلریت و بیوتیت تبدیل گردیده است. ترکیب این نوع گارنت‌ها معمولاً در حد آلماندین می‌باشد.

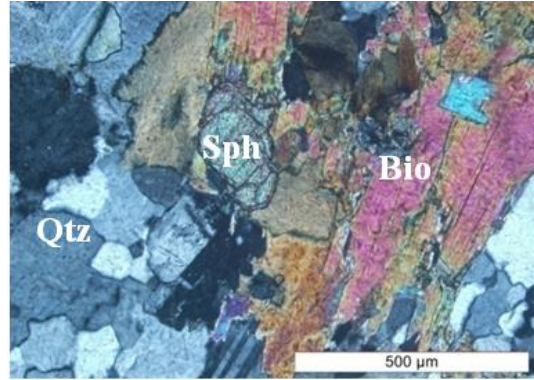
- **آپاتیت:** بلورهای آپاتیت به صورت سوزنی شکل‌دار تا بی‌شکل کوچک مشاهده می‌شود این کانی غالباً به شکل ادخال و به صورت ریزدانه با برجستگی بالا و رنگ اینترفرانس متمایل به خاکستری در پلاژیوکلاز و بیوتیت یافت می‌گردد (شکل ۳-۷-د).

- **روتیل:** سوزن‌های ریز روتیل در درون بیوتیت‌ها مشاهده می‌شود. این بلورها در بیشتر موارد با زاویه ۶۰ درجه یکدیگر را قطع می‌کنند و اشکال ستاره‌مانندی را ایجاد می‌کنند که به بافت ساژنیت<sup>۱</sup> معروف می‌باشد (شکل ۳-۷-ه). حضور روتیل در بیوتیت‌ها معرف وجود مقادیر بالای  $TiO_2$  در ماگمای سازنده سنگ‌های مورد بحث می‌باشد.

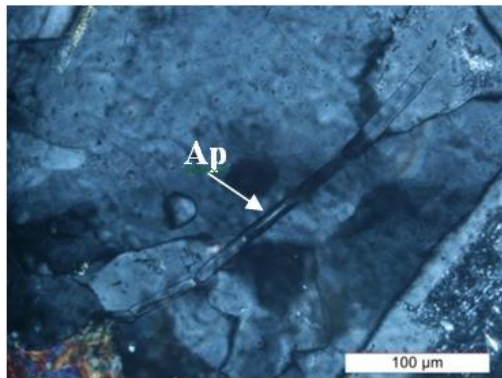
- **کانی‌های اوپک:** کانی‌های اوپک هم به صورت ماگمایی و هم ثانویه به همراه اسفن و اپیدوت، حاصل از دگرسانی بیوتیت و به صورت ادخال در بیوتیت، در بعضی مقاطع دیده می‌شود (شکل ۳-۷-و). همچنین کانی‌های اوپک به صورت ادخال در پلاژیوکلاز نیز یافت می‌شوند. همانطور که در فصل‌های آتی به تفصیل شرح خواهیم داد، بر اساس نتایج حاصل از اندازه‌گیری خودپذیری مغناطیسی کانی‌های اوپک موجود در این سنگ‌ها دارای ترکیب ایلمنیتی می‌باشند.



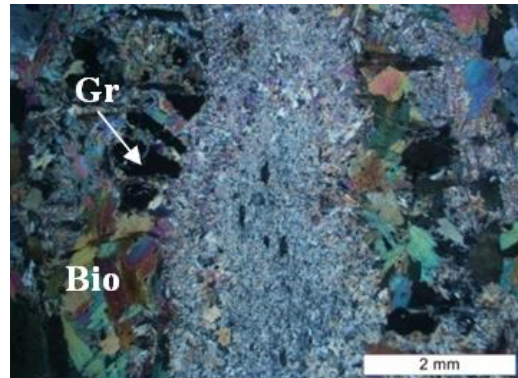
ب



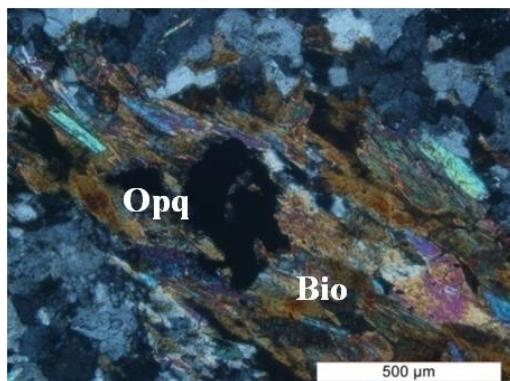
الف



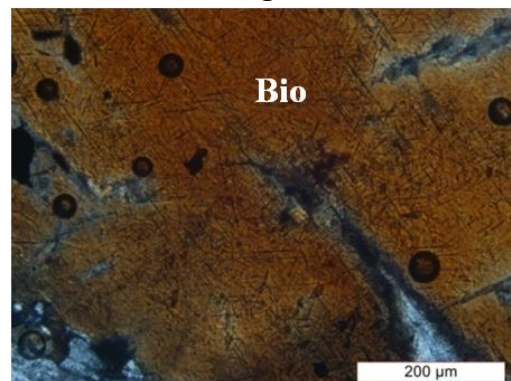
د



ج



و



ه

شکل ۳-۷- تصاویر میکروسکوپی معرف ویژگی‌های کانی‌های فرعی موجود در سنگ‌های گرانودیوریتی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ (XPL). الف- اسفن اولیه در سنگ‌های گرانودیوریتی. ب- بلور زیرکن به صورت ادخال در بیوتیت. ج- زینوکریست‌های گارنت در سنگ‌های گرانودیوریتی. د- آپاتیت به صورت ادخال در سنگ‌های گرانودیوریتی. ه- بافت سازنیت حاصل از آرایش ستاره‌ای شکل روتیل‌ها در بیوتیت. و- کانی‌های اوپک به صورت ادخال در بیوتیت در سنگ‌های گرانودیوریتی.



## کانی‌های ثانویه

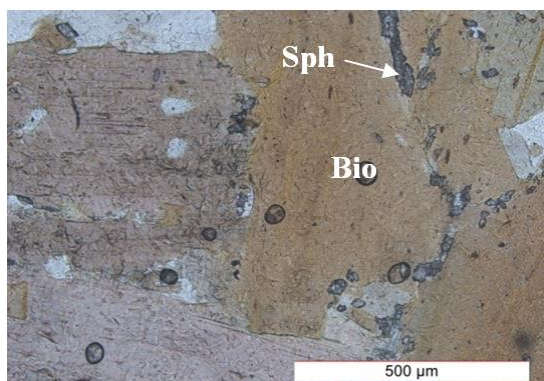
کانی‌های ثانویه سازنده این توده عبارتند از: کلریت، اپیدوت، اسفن، سریسیت.

- **کلریت:** کلریت عمدتاً حاصل دگرسانی بیوتیت می‌باشد (شکل ۳-۸-الف). تشکیل این کانی مستلزم آزاد شدن یون‌های  $Na^+$ ،  $Ca^{2+}$ ،  $K^+$  می‌باشد یون  $K^+$  آزاد شده از بیوتیت در سریسیتی شدن پلاژیوکلاز مشارکت می‌کند و کلسیم خارج شده از پلاژیوکلاز نیز در تولید اپیدوت و اسفن مصرف می‌شود. حضور کلریت بیان‌کننده حضور آب در حین دگرسانی و خروج پتاسیم از محیط دگرسانی بیوتیت‌ها می‌باشد. پتاسیم خارج شده در تشکیل سریسیت شرکت کرده است. پدیده کلریت‌زایی با تشکیل اکسیدهای آهن، کانی‌های اوپک و اسفن همراه است.

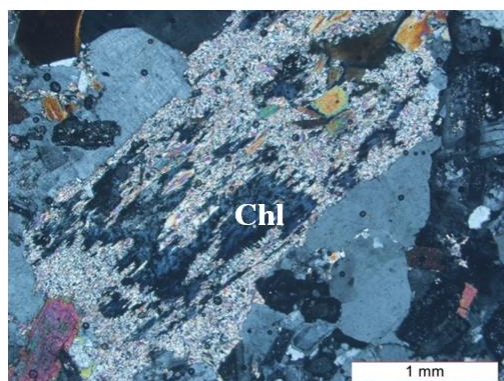
- **اپیدوت:** اپیدوت از دگرسانی پلاژیوکلاز حاصل می‌شود. اپیدوت‌ها غالباً ریزتر هستند و به صورت ادخال همراه پلاژیوکلاز یافت می‌شوند.

- **اسفن:** اسفن‌های ثانویه از دگرسانی بیوتیت حاصل گردیده‌اند و غالباً بی‌شکل و دانه‌ریز می‌باشند. (شکل ۳-۸-ب).

- **سریسیت:** سریسیت حاصل دگرسانی پلاژیوکلاز، ارتوز و آندالوزیت می‌باشد (شکل ۳-۸-الف). این بلورهای در سطح کانی‌هایی مثل پلاژیوکلاز و ارتوز یافت می‌شود. سریسیت در واقع میکای سفید ریز دانه است که به صورت لکه لکه یا به صورت کامل سطح کانی‌های مستعد را می‌پوشاند، به این پدیده سریسیتیزاسیون گفته می‌شود. حضور سریسیت نشان‌دهنده افزایش آب و  $K^+$  در محیط است و در حضور محلول‌های سرشار از آب توسعه می‌یابد. مقداری  $K^+$  از فرآیند کلریتی شدن بیوتیت حاصل می‌شود.



ب



الف

شکل ۳-۸- تصاویر میکروسکوپی نشان‌دهنده ویژگی‌های بارز کانی‌های فرعی موجود در گرانودیوریت‌های توده گرانیتوئیدی دره‌باغ. الف- سریسیتی شدن پلاژیوکلاز و تبدیل ادخال‌های بیوتیتی آن به کلریت در سنگ‌های گرانودیوریتی (XPL). ب- تشکیل اسفن‌های ثانویه در اطراف بیوتیت‌های سنگ‌های گرانودیوریتی (PPL).

### ۳-۱-۳ - گرانیت‌ها و لوکوگرانیت‌ها

گرانیت‌ها به صورت آپوفیز یا دایک مشاهده می‌شوند. این سنگ‌ها به علت کوچک بودن رخنمون‌های صحرائی ندرتاً قابل نقشه‌برداری هستند. گرانیت‌ها حاصل تفریق یافتگی گرانودیوریت‌ها می‌باشند و در نتیجه نسبت به گرانودیوریت‌ها از کانی‌های تیره کمتری برخوردار هستند. بافت دانه‌ای نیمه شکل‌دار دارند همچنین بافت‌های گرانولار، گرافیکی و پورفیروئیدی نشان می‌دهند. کوارتز، اورتوکلاز و پلاژیوکلاز به عنوان کانی‌های اصلی و بیوتیت، آپاتیت، اسفن، اوپک و زیرکن مسکوویت و تورمالین جزء کانی‌های گرانیت و لوکوگرانیت‌ها می‌باشند. سریسیت و کلریت نیز به صورت کانی‌های ثانویه در این سنگ‌ها یافت می‌شوند.

## کانی‌های اصلی

**کوارتز:** کوارتز فراوان‌ترین کانی گرانیته‌ها است دانه‌های آن شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار بوده و به علت ساب‌گرین شدن دارای حاشیه‌های مژرس می‌باشد (شکل ۳-۹-الف). کوارتز به همراه ارتوز، بافت گرافیکی زیبایی را تشکیل می‌دهد.

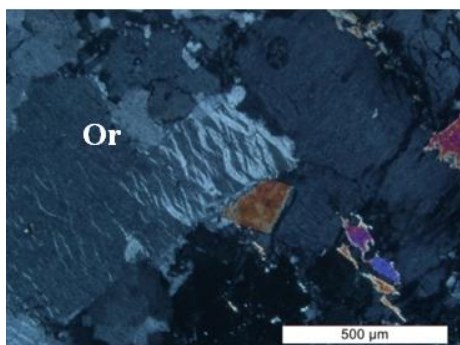
**ارتوز:** این کانی به صورت نیمه شکل‌دار تا بی‌شکل مشاهده می‌شود و گهگاه به همراه کوارتز بافت گرافیکی زیبایی را ایجاد کرده است. اکثر بلورهای ارتوز از نوع پرتیتی است (شکل ۳-۹-ب).

**پلاژیوکلاز:** بلورهای پلاژیوکلاز به صورت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار بوده و دارای ماکل پلی‌سینتتیک می‌باشند. منطقه‌بندی در پلاژیوکلازها به وضوح قابل مشاهده است (شکل ۳-۹-ج).

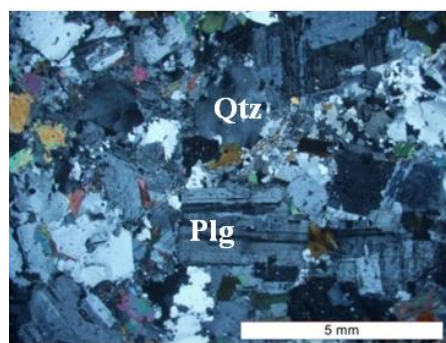
## کانی‌های فرعی

**بیوتیت:** به علت پدیده تفریق‌یافتگی، این کانی با فراوانی کمتر در سنگ‌های گرانیته مشاهده می‌شود و در ضمن عمدتاً به کلریت دگرسان شده است. آپاتیت به صورت بلورهای ریز و ادخال، درون بلورهایی مانند بیوتیت، پلاژیوکلاز و اورتوز دیده می‌شود. زیرکن به صورت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار در برخی نمونه‌های سنگی یافت شده است (شکل ۳-۹-د). کانی‌های اوپک بیشتر به صورت ادخال در درون پلاژیوکلاز و بیوتیت دیده می‌شوند. اسفن به دو صورت اولیه و ثانویه درون این سنگ‌ها یافت می‌شود اسفن‌های اولیه به مقدار کمتر در این سنگ‌ها یافت می‌شود. اسفن‌های ثانویه از دگرسانی بیوتیت حاصل شده‌اند.

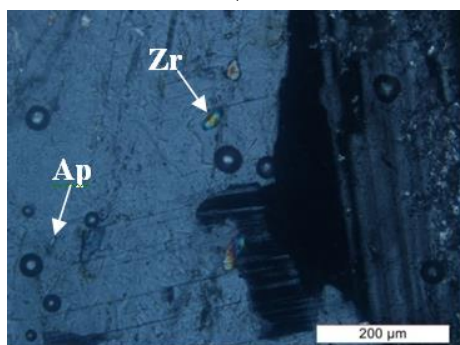
اپیدوت از کانی‌های ثانویه‌ای است که از دگرسانی پلاژیوکلاز حاصل می‌شود حضور آن نشان‌دهنده وجود آب در طی دگرسانی است. از دگرسانی بیوتیت کانی‌های کلریت و اسفن حاصل می‌گردد که به فراوانی در این سنگ‌ها دیده می‌شوند.



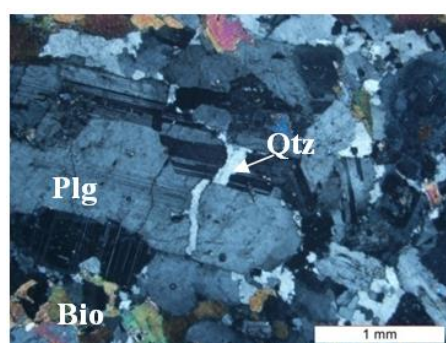
ب



الف



د



ج

شکل ۳-۹- تصاویر میکروسکوپی از ویژگی‌های بارز کانی‌های سازنده سنگ‌های گرانیتی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ (XPL).  
الف- ساب‌گرین شدن کوارتزها در گرانیت‌ها. ب- تصویری از ارتوز پرتیتی در گرانیت‌ها. ج- منطقه‌بندی ترکیبی  
پلاژیوکلازها در گرانیت‌ها همراه با بافت ساب‌ماگمایی. د- زیرکن همراه با آپاتیت به صورت ادخال در پلاژیوکلازهای  
موجود در گرانیت.

**لوکوگرانیت‌ها** بیشتر به صورت دایک در بخش‌هایی از توده و همچنین به صورت رخنمون کوچکی  
در قسمت غربی مشاهده می‌شود عمدتاً در قسمت میانی توده لوکوگرانیت‌ها از فراوانی بیشتری  
برخوردارند. نیروهای تکتونیکی عمل‌کننده بر این سنگ‌ها یا نیروهای فشارشی، به هنگام جایگیری  
باعث خردشدگی و شکستگی‌های عمده‌ای در آنها شده است. در اطراف فلدسپارهای این سنگ‌ها،  
بافت‌های زیبای میرمکیتی مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده همزمانی رشد کوارتز با فلدسپارهای  
آلکالن می‌باشد. این نوع سنگ‌ها اکثراً با تورمالین‌زایی همراه می‌باشند (شکل ۳-۱۰).

کانی‌های اصلی سازنده لوکوگرانیت‌های دره‌باغ عبارتند از: کوارتز، پلاژیوکلاز، اورتوکلاز، میکروکلین و  
مسکویت.

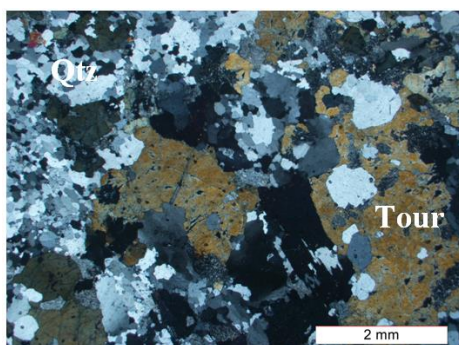
-**کوارتز:** ساب‌گرین شدن شدید به همراه خاموشی موجی از ویژگی بارز این کانی است. ادخال‌هایی از آپاتیت و زیرکن درون این کانی مشاهده می‌شود.

- **فلدسپار پتاسیم:** بر اساس شواهد پتروگرافی غنی شدن مذاب از پتاسیم، موجب تشکیل این کانی‌ها می‌شود ارتوز و میکروکلین به فراوانی در لوکوگرانیت‌ها به یافت می‌شوند که به شدت پرتیتی می‌باشند. در نتیجه دگرسانی ارتوز و میکروکلین به سریسیت دگرسان می‌شوند.

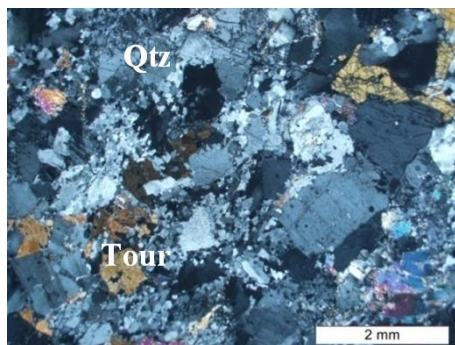
- **پلاژیوکلاز:** خمیدگی ناشی از تنش و بافت پوئی‌کیلیتیک در اکثر آن‌ها مشاهده می‌شود. بلورهای آن شکل‌دار است و فرآیند اپیدوت‌زایی و سریسیتی شدن نیز در آن مشاهده می‌شود. در مراحل تشکیل این کانی، مذاب‌ها و سیالات ماگمایی با پلاژیوکلازهای تشکیل شده، واکنش داده و در نتیجه ارتوز پرتیتی می‌سازد که با میرمکیت‌زایی همراه بوده است (کولینز، ۱۹۸۸).

- **مسکوویت:** نسبت به گرانودیوریت‌ها، مسکوویت در این دسته از سنگ‌ها با فراوانی بیشتر یافت می‌شود. این کانی به صورت ریز تا متوسط دانه در بین سایر کانی‌ها یافت می‌شود و عمدتاً در زون‌های برشی مشاهده می‌گردد.

کانی‌های فرعی سازنده لوکوگرانیت‌های دره‌باغ عبارتند از: بیوتیت، تورمالین، زیرکن، آپاتیت، گارنت. بیوتیت با فراوانی بسیار کم درون نمونه‌های لوکوگرانیتی یافت می‌شود. تورمالین در بسیاری از نمونه‌های لوکوگرانیتی به صورت پراکنده و بی‌شکل تا نیمه شکل‌دار دیده می‌شوند. به علت تحمیل استرین، کوارتز ساب‌گرین شدگی را به وضوح نشان می‌دهد. این کانی در لوکوگرانیت‌ها به صورت تجمعات موضعی، پراکنده، توده‌ای و یا رگه‌ای یافت می‌گردد. تورمالین در برخی از رگه‌های آپلیتی و پگماتیتی حضور دارد.



ب



الف

شکل ۳-۱۰- تصاویر میکروسکوپی معرف برخی از ویژگی‌های بارز لوکوگرانیت‌های تورمالین‌دار و حضور بارز کانی‌های روشن در توده گرانیتوئیدی دره‌باغ (XPL). الف- بافت میکروگلانولار در لوکوگرانیت‌ها. ب- ساب‌گرین‌شدن کوارتز و تورمالین در لوکوگرانیت‌ها که مبین حضور تنش و دگرشکلی دما پایین در منطقه می‌باشد.

### ۳-۱-۴- پگماتیت‌ها و آپلیت‌ها

پگماتیت‌ها هرچند از نظر حجمی، بخش کوچکی از توده گرانیتوئیدی دره‌باغ را تشکیل می‌دهد اما از نظر سنگ‌شناسی و پتروگرافی از ویژگی‌های جالب توجهی برخوردار می‌باشند. این گروه از سنگ‌ها به صورت رگه‌های کوچک تا بزرگ تقریباً در سراسر توده یافت می‌شود و گرانودیوریت‌ها و گرانیت‌ها را قطع می‌کنند. در نمونه‌های دستی منطقه مورد نظر، تورمالین به صورت بلورهای خودشکل تا نیمه شکل‌دار و به رنگ سیاه دیده می‌شود.

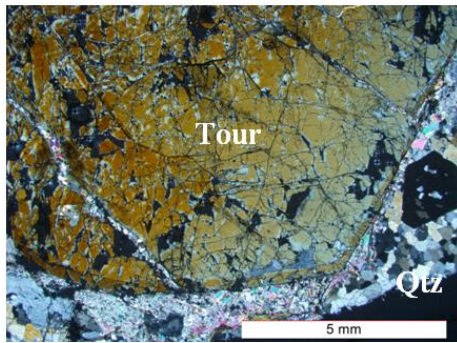
پگماتیت‌ها غالباً تورمالین‌دار هستند، به طوری که در قسمت شرقی توده، به صورت حجم عظیمی از تورمالین با اندازه‌های درشت و بافت شعاعی مشاهده می‌شوند و یا فقط حاوی کوارتز و فلدسپار آلکالن می‌باشند. از لحاظ ماکروسکوپی رنگ سفید دارند و در نمونه‌دستی کوارتز و ارتوز قابل شناسایی است. از نظر اختصاصات میکروسکوپی بافت گرانولار دانه درشت دارند. کانی‌های ارتوز، پلاژیوکلاز، کوارتز، تورمالین، مسکوویت در آن‌ها مشاهده می‌شود و همچنین بافت پرتیتی و گرافیکی نیز در آن‌ها یافت می‌گردد. تورمالین به صورت دانه درشت تا دانه متوسط مشاهده می‌شود و منطقه‌بندی ترکیبی و رنگی از ویژگی‌های بارز آن می‌باشد (شکل ۳-۱۱).



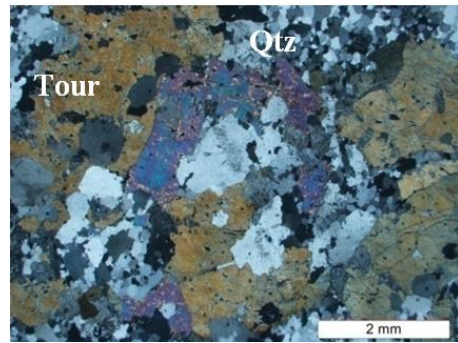
ب



الف



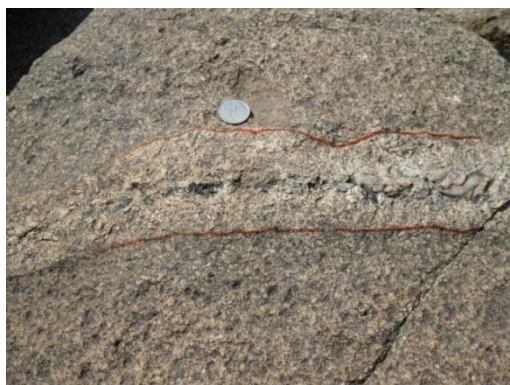
د



ج

شکل ۳-۱۱- تصاویر میکروسکوپی معرف و ویژگی‌های کانی‌های سازنده پگماتیت‌های توده گرانیتوئیدی دره‌باغ (XPL). الف- تزریق پگماتیت در گرانودیوریت‌ها دید به سمت شرق. ب- نمایی از توده عظیم پگماتیسی سرشار از تورمالین دید به سمت شمال شرق. ج- حضور بارز تورمالین و کانی‌های روشن در پگماتیت. د- تصویر میکروسکوپی مبین شکستگی‌های فراوان و منطقه‌بندی ترکیبی در تورمالین.

آخرین فاز تفریق یافته توده گرانیتوئیدی دره‌باغ، آپلیت‌ها می‌باشند. به صورت رگه‌ها و رگچه‌های فراوان، سنگ‌های گرانودیوریتی و گرانیتی را قطع می‌کنند که ضخامت آن‌ها از چند سانتی‌متر تا چند متر متغیر است (شکل ۳-۱۲).



ب



الف

شکل ۳-۱۲-الف- تصویری از رگه آپلیتی قطع کننده گرانودیوریت‌ها. دید به سمت شمال غرب. ب- نمای نزدیکی از رگه آپلیتی حاوی تورمالین.

### ۳-۱-۵- آنکلاوها

در توده گرانیتوئیدی دره‌باغ، آنکلاوها به وفور به چشم می‌خورند. این سنگ‌ها با ترکیب سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی متنوع وجود دارند و عمدتاً دارای ماهیت متاپلیتی هستند. این آنکلاوها از لحاظ شکل، مورفولوژی، کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی از تنوع قابل توجهی برخوردار هستند. آنها غالباً از نوع متاپلیت‌های هورنفلسی حاوی پورفیروبلست‌های آندالوزیت و یا سیلیمانیت، زینولیت‌های سیلیسی، ماسه‌سنگ‌ها و سیلتستون‌های دگرگون شده و به ندرت آهک و مارن‌های دگرگون شده می‌باشند. زینوکریست‌های آندالوزیت و گارنت نیز جزء این مجموعه می‌باشند. این آنکلاوها شواهد بارزی از پلی‌متامورفیزم، دگرگونی مجاورتی و افزایش دما تا مرحله ذوب را نیز نشان می‌دهند. این آنکلاوها در فهم و بازسازی تاریخچه تحولات سنگ‌شناسی این توده گرانیتوئیدی دره‌باغ نقش بسیار بارزی ایفاء کرده‌اند و دارای دنیای پررمز و رازی هستند که مطالب و حقایق زیبایی را برای ما روشن می‌سازند. تحولات کانی‌شناسی آنکلاوهای این توده نفوذی بازگو کننده چگونگی رخدادهایی است که از دگرگونی مجاورتی سنگهای مادر تا ذوب آنها را شامل می‌شود. در ضمن آنکلاوها، همانند دفتر یادداشتی هستند که وقایع صورت گرفته در طی دوره زمانی تشکیل سنگ‌ها را در خود ثبت و ضبط می‌کنند و در صورتی که دستخوش حوادث ناخوشایند نشوند می‌توانند به فهم وقایع صورت گرفته



کمک کنند و در ضمن ما را در بازشناسی و بازسازی تحولات کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی یاری نمایند.

همانطور که در شکل ۳-۱۳- الف نشان داده شده است جهت‌یافتگی آنکلاوها عمدتاً به موازات فولیاسیون توده می‌باشد به طوری که دگرشکلی منطقه کاملاً در آنها ثبت گردیده است (هیگنرز، ۲۰۰۶). گرمای ناشی از مذاب گرانودیوریتی بر آنکلاوها موجب تبدیل شدن موضعی آنها به گرانودیوریت گردیده است (شکل ۳-۱۳- ب و ۳-۱۴- ب). به خاطر دمای بالای مذاب گرانودیوریتی، در بسیاری از آنها فلدسپارزایی از سمت حاشیه به مرکز آنکلاو مشاهده می‌شود. فلدسپارزایی از مرکز آنکلاوها به سمت حاشیه آنها افزایش می‌یابد (شکل ۳-۱۳- ج). در آنکلاوهای مورد مطالعه، معمولاً فلدسپارهای تشکیل شده در مراحل اولیه، از نوع پلاژیوکلاز هستند و ماکل پلی‌سینتتیک بارزی نشان می‌دهند (شکل ۳-۱۴- ج). تشکیل پلاژیوکلاز در مراحل اولیه افزایش دما و در محدوده دمایی رسیدن به آستانه ذوب بیانگر آنست که در ترکیب آنکلاوها کلسیم از مقدار قابل توجهی برخوردار بوده است و این امر با ترکیب اولیه گریوکی برای این آنکلاوها سازگار است. همچنین حضور بیوتیت و هورنبلند نیز در این سنگ‌ها منشاء گریوکی برخی از آنها را اثبات می‌کند (شکل ۳-۱۴- و).

با توجه به شواهد صحرایی از جمله حضور آنکلاوهای حاوی پورفیروبلاست‌های آندالوزیت و زینوکریست‌های آندالوزیت (در مقیاس وسیع) و سیلیمانیت و وزوویانیت (در مقیاس کمتر)، فلدسپارزایی و شواهد میکروسکپی از جمله ایجاد بافت گرانوبلاستی و پورفیروبلاستی پتروگرافی و .. می‌توان اظهار داشت که در اثر جایگیری ماگماهای بازیک- حدواسط با ترکیب گابرو تا دیوریت در بین مجموعه متاپلیتی شامل اسلیت، فیلیت، میکاشیست و گارنت‌میکاشیست، دما بالا رفته و دگرگونی مجاورتی گسترده‌ای صورت گرفته که تا حد ذوب مجموعه دگرگونی و تشکیل میگماتیت پیش‌رفته است (شکل ۳-۱۳- د). ابتدا آندالوزیت‌هورنفلس و سپس سیلیمانیت‌هورنفلس تشکیل شده است (شکل ۳-۱۴- ه) و با گذر از مرز دمایی ذوب متاپلیت‌ها، ماگماهای گرانیتوئیدی به وجود آمده‌اند، سپس ماگماهای تولید شده که قطعاتی از سنگ‌های میزبان، به صورت آنکلاو در آن حضور دارد و

کاملاً ذوب نشده یا سالم‌اند به ترازهای بالاتر پوسته صعود کرده و جایگزین شده‌اند. این آنکلاوها به صورت اشکال اشکی، بیضوی، کروی و یا بی‌شکل در سرتاسر توده یافت می‌گردد. بلورهای آندالوزیتی و رشته‌های سیلیمانیتی موجود در این آنکلاوها مبین دگرگونی مجاورتی سنگ میزبان توسط توده، بر اثر جایگزینی ماگمای بازیکی صورت گرفته است که در بخش‌های زیرین منطقه نفوذ کرده است (شکل ۳-۱۳-۵).

وجود وزوویانیت در برخی آنکلاوها بیانگر آنست که ترکیب اولیه آنها در حد مارن یا آهک ناخالص بوده است (شکل ۳-۱۴-۵). وجود آنکلاوهای وزوویانیت‌دار در گرانیتهای و گرانودیوریت‌ها تاکنون کمتر گزارش شده است و در واقع معرف نوعی دگرگونی مجاورتی دمای بالا - فشار پایین می‌باشد.



ب



الف



د



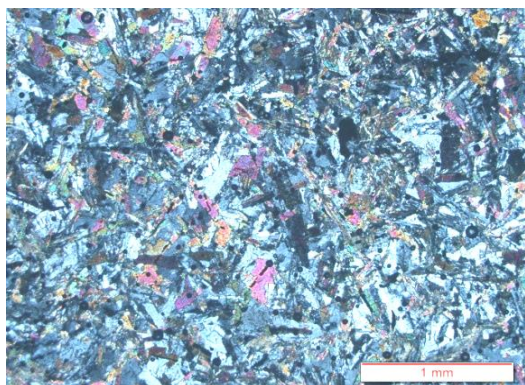
ج



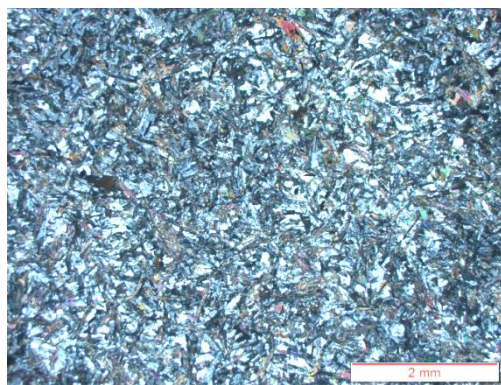
ه



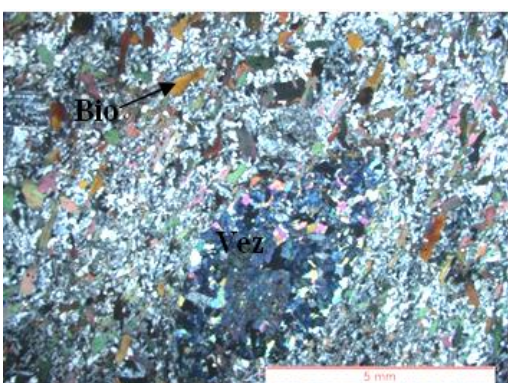
شکل ۳-۱۳- تصاویری از ویژگی‌های جالب در آنکلاوهای توده گرانیتوئیدی دره‌باغ. الف- تصویری از آنکلاوهای کشیده و جهت‌یافته در سنگهای گرانودیوریتی. ب- آنکلاو متاپلیتی که تا آستانه ذوب پیش رفته و دارای ظاهری شبیه سنگ‌های گرانودیوریتی می‌باشند. ج- تصویری از یک آنکلاو متاپلیتی که تأثیر گرمای ناشی از توده میزبان خود را به صورت افزایش فلدسپارزایی از مرکز به سمت حاشیه نشان می‌دهد. د- تصویری از میگماتیت‌زایی در بخش شمالی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ. ه- آنکلاوهای متاپلیتی حاوی پورفایروبل‌های آندالوزیت.



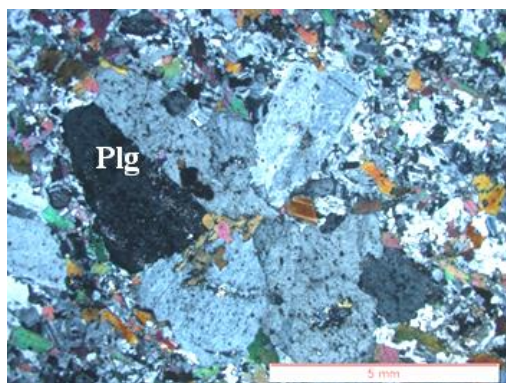
ب



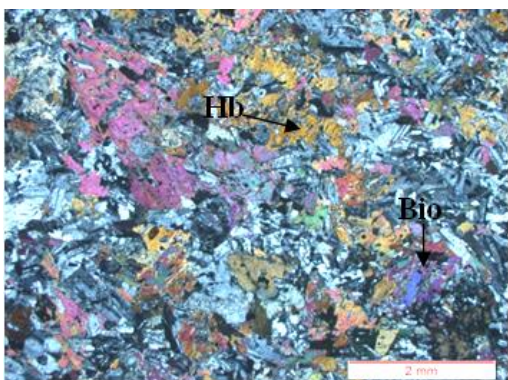
الف



د



ج



و



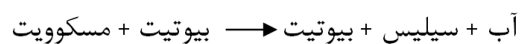
ه

شکل ۳-۱۴- تصاویری از ویژگی‌های میکروسکوپی بارز آنکلاوهای موجود در تودهٔ گرانیتوئیدی درهٔ باغ (XPL).  
 الف- بافت گرانوبلاستی ریزدانه. ب- بافت گرانوبلاستی دانه متوسط که مبین نزدیک به شرایط ذوب می‌باشد. ج-  
 پورفیروبلاست‌های پلاژیوکلاز که معرف فلدسپارزایی در آنکلاوها متاپلیتی می‌باشند. د- تصویر میکروسکوپی  
 معرف تشکیل وزوویانیت در آنکلاوهای مارنی دگرگون‌شده. ه- حضور سیلیمانیت‌های فیبرولیتی در آنکلاوها  
 متاپلیتی. و- تصویر میکروسکوپی معرف حضور هورنبلند و بیوتیت در آنکلاوهای با ترکیب اولیه گریوکی.

همان‌طور که در اشکال ۳-۱۵ نشان داده شده است زینولیت‌های سیلیسی تماماً از کوارتز تشکیل شده‌اند و به ندرت کانی‌های دیگر نظیر بیوتیت یا مسکوویت همراه آن‌ها یافت می‌شود. در برخی موارد، این زینولیت‌های کوارتزی توسط پوششی از بیوتیت و مسکوویت در بر گرفته شده‌اند. در واقع

این پوشش، بقایایی از سنگ میزبان اولیه آنها می‌باشد. شکل این زینولیت‌های سیلیسی بسیار متنوع می‌باشد. به اشکال تقریباً مدور، بیضوی، اشکی، مثلثی و ... دیده می‌شوند. اندازه آنها از چند میلی‌متر تا چند سانتی‌متر متغیر است. در برخی موارد این زینولیت‌های سیلیسی به همراه بخشی از سنگ اولیه خود مشاهده می‌شوند. اگرچه شواهد میکروسکوپی و صحرایی اولیه برای شناخت منشأ این زینولیت‌های سیلیسی کافی نیست ولی داشتن تجربه و دید کافی نسبت به فرآیندهای دگرگونی و ذوب، ما را به این سمت رهنمون می‌سازد که این زینولیت‌های سیلیسی در واقع بخش‌های گسیخته شده رگه‌ها یا توده‌های سیلیسی هستند که در طی فرآیند دگرگونی تشکیل شده‌اند. طرز تشکیل این رگه‌ها یا توده‌های سیلیسی به شرح زیر می‌باشد:

تشکیل رگه‌های سیلیسی موجود در سنگ‌های دمای پایین به علت مهاجرت سیالات آزاد شده در طی دگرگونی سنگ‌های دربرگیرنده آنها می‌باشد (میاشیرو<sup>۱</sup>، ۱۹۷۳). با افزایش درجه دگرگونی ناحیه‌ای و گذر از مرحله زون بیوتیت به زون گارنت واکنش‌هایی صورت می‌گیرد که می‌توان آنها را به عنوان واکنش‌های آبدایی - سیلیسی‌زدایی معرفی کرد. یکی از بارزترین این واکنش‌ها عبارت است از:



همانطور که در این واکنش‌ها مشاهده می‌شود سمت راست این واکنش‌ها همیشه مقداری آب و سیلیس یافت می‌شود. از آنجایی که این واکنش‌ها در دماهای نسبتاً بالا حدود ۴۰۰-۵۰۰ درجه سانتی‌گراد صورت می‌گیرند. آب‌های گرم تشکیل شده می‌تواند در سنگ چرخش کند و علاوه بر سیلیسی که در آنها وجود دارد، مقدار سیلیس بیشتری را در خود حل کند. این سیالات می‌توانند بر روی برخی از کانی‌ها تأثیر گذارند و آنها را در خود حل یا هضم می‌کند و شکل آنها را تغییر دهند. از آنجایی که سیال غنی از سیلیس ایجاد شده تحت تأثیر فشار لیتواستاتیک محیط تشکیل خود می‌باشد در نتیجه فشار هیدرواستاتیک سیال افزایش می‌یابد. افزایش فشار هیدرواستاتیک باعث

گسیختگی هیدرواستاتیک (گسیختگی بر اثر فشار آب) می‌گردد. در اثر گسیختگی سنگ، سیال می‌تواند به سمت سطوح بالا و کم‌فشارتر صعود نماید و در نتیجه به محیط کم‌فشارتر و فضای باز دسترسی پیدا کند، آنگاه می‌تواند در آن مستقر گردد و سپس متبلور می‌شود (یاردلی<sup>۱</sup>، ۱۹۸۹). لازم به ذکر است هرگونه فضای خالی نظیر امتداد سطوح برگوارگی، درزه‌ها، شکستگی‌ها، لولای چین‌ها و فضاهای باز ایجاد شده در حین گسیختگی ناشی از فشار هیدرواستاتیک، مکان مناسبی برای تبلور این سیالات غنی از سیلیس می‌باشد.

لذا این توده‌های سیلیسی می‌توانند به اشکال بسیار متنوع که متناسب با فضای تبلور آن‌ها می‌باشد تشکیل شوند. اندازه این توده‌های سیلیسی تازه تشکیل شده از چند میلی‌متر تا چند سانتی‌متر می‌تواند متغیر باشد. برای مثال در حاشیه غربی تودهٔ گرانیتوئیدی دره‌باغ توده‌هایی از این نوع سیلیس‌ها یافت شده است که اندازه آن‌ها به ۴-۵ متر می‌رسد. در ضمن، از آنجایی که این توده‌های سیلیسی غالباً تک کانی هستند از خلوص بالایی برخوردارند و می‌توانند در مصارف صنعتی به عنوان ماده اولیه تولید شیشه یا به عنوان یک محصول ساینده (پس از خردایش)، مورد استفاده قرار گیرند. این‌گونه توده‌های سیلیسی در سنگ‌های میزبان توده‌های گرانیتوئیدی زاهدان، مشهد، الوند، تویسرکان، بروجرد، ازنا، الیگودرز (دره‌باغ و گل زرد) و ... مشاهده شده‌اند.

پس نتیجه می‌گیریم که این زینولیت‌های سیلیسی در واقع از همین رگه یا توده‌های سیلیسی مشتق شده‌اند که از فرایند ذوب جان سالم به در برده‌اند و توانسته‌اند در مذاب گرانیتی محفوظ بمانند و سپس مذاب گرانیتی در حول و حوش آن‌ها هسته‌سازی نماید و متبلور گردد. در برخی موارد مشاهده شده است که کانی‌های مافیک نظیر بیوتیت که زودتر رشد می‌کنند به صورت غلاف یا پوششی بر روی این زینولیت‌های سیلیسی هسته‌سازی کرده و مانند هاله‌ای سیاه‌رنگ آن‌ها را در بر گرفته‌اند.



ب



الف



د



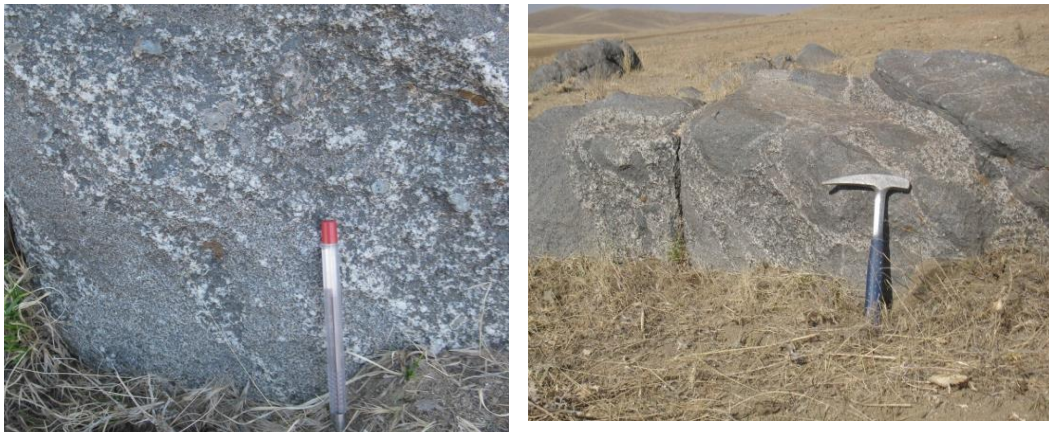
ج

شکل ۳-۱۵- تصاویری از ویژگی‌های جالب زینولیت‌های سیلیسی در تودهٔ گرانیتوئیدی درّه‌باغ. الف- زینولیت‌های سیلیسی باقیمانده از فرایند ذوب و دارای منشاء دگرگونی، درون سنگ‌های گرانودیوریتی به وفور یافت می‌شوند. ب- تصویر معرف زینولیت سیلیسی بزرگ، که توسط غلافی سیاه رنگ احاطه شده است. ج- زینولیت سیلیسی با منشاء دگرگونی در برگرفته شده توسط آنکلاو سورمیکاسه در سنگ‌های گرانودیوریتی. د- تودهٔ سیلیسی عظیم رخنمون یافته در غرب تودهٔ گرانیتوئیدی درّه‌باغ. خطوارگی سطح سنگ ناشی از عملکرد گسل می‌باشد و در واقع خش لغزه‌ها می‌باشند.

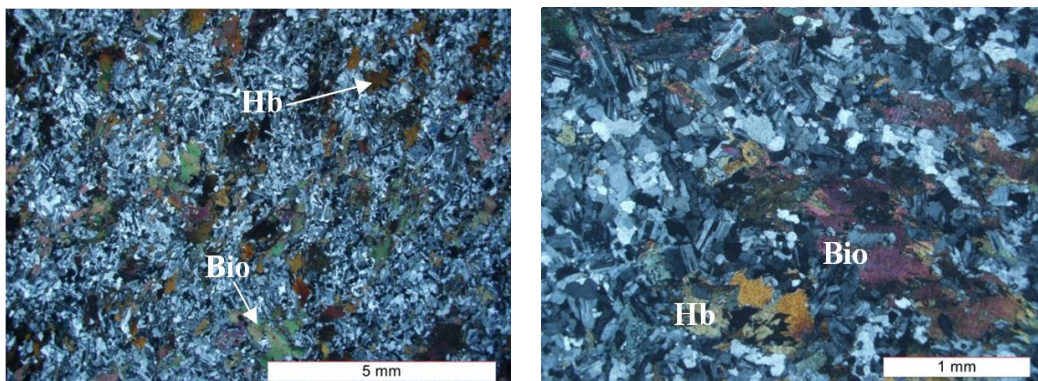
### ۳-۱-۶- میگماتیت‌ها

میگماتیت‌ها، در بخش‌هایی از شمال غرب و غرب توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ رخنمون یافته‌اند. این سنگ‌ها با داشتن شواهد ذوب بخشی در صحرا به خوبی قابل تشخیص می‌باشند. در اثر حرارت زیاد این سنگ‌ها به حالت خمیری درآمده و حالتی از جریان یافتگی را نشان می‌دهند. ساخت‌های موجود در این سنگ‌ها در واقع در اثر تشکیل مذاب به وجود می‌آید. بخش‌های روشن میگماتیت‌ها به صورت رگه‌های نامنظمی در حد چند سانتی‌متر در سنگ گسترش یافته است. بخش‌های روشن میگماتیت‌ها لوکوسم نام دارد که عمدتاً دارای ترکیب گرانیتی هستند و از کانی‌های کوارتز، پلاژیوکلاز،

آلکالی فلدسپار، بیوتیت، مسکوویت و اوپاک تشکیل شده‌اند. با توجه به مطالعات میکروسکوپی این بخش‌ها دارای بافت گرانولار می‌باشند (شکل ۳-۱۶). فراوان‌ترین کانی بخش تیره میگماتیت‌ها، بیوتیت و هورنبلند سبز می‌باشد. علاوه بر این عمده کانی‌های تشکیل دهنده بخش روشن نظیر کوارتز، پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپار، مسکوویت و اپاک نیز دیده می‌شوند.



الف



ب

شکل ۳-۱۶- تصاویر نشان‌دهنده حضور میگماتیت‌ها در توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ. الف- تصاویر معرف میگماتیتی‌زایی در غرب توده درّه‌باغ. ب- تصاویر میکروسکوپی مبین حضور بارز کانی بیوتیت، هورنبلند در میگماتیت‌های توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ.



### ۳-۲- ترتیب تبلور سنگ‌های نفوذی منطقه درّه‌باغ

بر اساس شواهد صحرایی و پتروگرافی، ماگمای گرانودیوریتی تفریق یافته و به یک ماگمای گرانیتی تحوّل پیدا کرده است و در مراحل تفریقی پیشرفته‌تر، ماگماهای گرانیتی به ماگماهای بسیار غنی از سیلیس و سرشار از بور تبدیل گردیده‌اند و در نتیجه لوکوگرانیت‌های تورمالین‌دار تا سرشار از تورمالین تشکیل شده است. در مراحل پایانی تفریق توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ، پگماتیت‌های تورمالین‌دار تشکیل شده‌اند. رگه‌های سیلیسی آخرین پسمانده‌های حاصل از تفریق ماگماهای گرانیتوئیدی مورد بحث می‌باشند.

در مرحله تفریقی اول یعنی از گرانودیوریت تا گرانیت ترتیب تبلور به این صورت بوده است:

زیرکن، آپاتیت، پلاژیوکلاز، بیوتیت، اورتوز، میکروکلین، مسکوویت، کوارتز، اسفن، تورمالین.

در فرآیند تفریق تبدیل گرانیت به لوکوگرانیت ترتیب تبلور کانی‌ها به این صورت است:

پلاژیوکلاز، اورتوز، میکروکلین، مسکوویت، تورمالین.

### ۳-۳- نتایج حاصل از مطالعات پتروگرافی

توده نفوذی درّه‌باغ طیف ترکیبی گرانودیوریت، گرانیت، لوکوگرانیت و آپلیت‌ها و پگماتیت‌های تورمالین‌دار را در بر می‌گیرد. گرانودیوریت‌ها فراوانترین واحد سنگی سازنده این توده محسوب می‌شود این سنگ‌ها دارای بافت دانه‌ای، گرافیکی و میرمکیتی هستند. کانی‌های روشن توده درّه‌باغ پلاژیوکلاز، اورتوز، میکروکلین و کوارتز می‌باشد و کانی‌های تیره آن از بیوتیت و کانی‌های اوپک تشکیل شده است. اسفن‌زایی گسترده در اطراف بیوتیت، اپیدوت‌زایی در پلاژیوکلاز و ندرتاً کلریت‌زایی بیوتیت از جمله دگرسانی‌های مهم این توده به شمار می‌آید. محلول‌های گرمابی ناشی از نفوذ توده موجب تشکیل کانی‌های ثانویه از جمله سریسیت، اپیدوت، کلریت و کانی‌های رسی شده است. گرانودیوریت‌های توده نفوذی درّه‌باغ، حاوی آنکلاوهای فراوانی هستند که اکثراً بیضوی شکل بوده و

در راستای حرکت ماگما آرایش یافته‌اند. این آنکلاوها از سنگ میزبان توده نشأت گرفته‌اند و دارای فلدسپارزایی بوده و حاوی پورفیروبلاست‌های آندالوزیت می‌باشند. میگماتیت‌ها در بخش‌های شمال‌غربی و غرب توده گرانیتوئیدی دره‌باغ مشاهده می‌شود. این سنگ‌ها از بخش‌های روشن و تیره تشکیل شده‌اند. بخش‌های تیره معرف حضور بارز کانی‌های بیوتیت و هورنبلند می‌باشد و بخش روشن عمدتاً از کانی‌های روشن نظیر پلاژیوکلاز، اورتوز، میکروکلین و کوارتز تشکیل شده‌اند.

# فصل ۴ : معرفی روش فابریک مغناطیسی

پتروگرافی، ژئوشیمی، پترولوژی و پتروژنز توده‌های گرانیتوئیدی به طور متعارف کانون توجه بسیاری از محققین زمین‌شناس، به ویژه پترولوژیست‌ها می‌باشد لیکن بررسی سازوکار جایگیری و تعیین شکل توده‌های نفوذی به ویژه گرانیتوئیدها از جمله مسائل مهمی است که کمتر به آن توجه شده است. در گذشته برای مشخص ساختن نحوه جایگیری توده‌های گرانیتوئیدی از ویژگی‌های قابل مشاهده در مقیاس ماکروسکپی و میکروسکپی نظیر برگوارگی و خطوارگی حاصل از آرایش‌یافتگی کانی‌های سازنده آنها یا همان پتروفابریک استفاده می‌شد. این روش هنوز نیز متداول است ولی در مورد توده‌هایی که از لحاظ ساختی و بافتی تا حد زیادی همگن باشند از کارایی کمتری برخوردار است. امروزه، علاوه بر روش‌های سنتی معمول (پتروفابریک)، برای تعیین سازوکار جایگیری توده‌های نفوذی، از روش بررسی ناهمگنی خودپذیری مغناطیسی (Anisotropy of Magnetic Susceptibility) استفاده می‌شود، که به اختصار، به روش AMS یا فابریک‌های مغناطیسی معروف است. روش ناهمگنی خودپذیری مغناطیسی، یکی از روش‌های مطالعاتی جدید است که بر اساس اندازه‌گیری پارامترهای مغناطیسی یا تحلیل فابریک‌های مغناطیسی نمونه‌های سنگی استوار است (تارلینگ و هرودا<sup>۱</sup>، ۱۹۹۳). امروزه این روش در تعیین سازوکار و مدل جایگیری توده‌های نفوذی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و کاربرد آن بیش از پیش افزایش یافته است. سابقه ظهور این روش به سال ۱۹۵۴ برمی‌گردد که گراهام<sup>۲</sup> در مقاله‌ای تحت‌عنوان "استفاده از ناهمگنی خودپذیری مغناطیسی به عنوان یک عامل پتروفابریکی" منتشر نمود و در آن، روش AMS را به عنوان یک ابزار پتروفابریکی سریع، حساس و دقیق معرفی کرد. از زمان انتشار کارهای ابتدایی گراهام مشخص شد که به کارگیری انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی در بسیاری از بخش‌های زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی مفید است. از آغاز سال ۱۹۵۰ روش انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی به عنوان یک ابزار مفید در علم پتروفابریک

---

1- Tarling and Hrouda  
2- Graham

مورد استفاده قرار گرفت. و از این زمان به بعد، روش AMS به عنوان یک ابزار پتروفابریکی قدرتمند و سریع معرفی شد (هرناندز و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۴) امروزه روش AMS به طور رایج برای تشخیص فابریک، در طیف گسترده‌ای از واحدهای سنگی به کار برده می‌شود. کارهای ابتدایی در این روش به بررسی ارتباط بین ویژگی‌های ساختاری سنگ‌ها و پارامترهای انیزوتروپی مغناطیسی در رسوبات (ریس<sup>۲</sup>، ۱۹۶۱)، سنگ‌های رسوبی (گراهام<sup>۳</sup>، ۱۹۶۶)، سنگ‌های آذرین (استیجی<sup>۳</sup>، ۱۹۶۰) و سنگ‌های دگرشکل شده (هارگریوز و فیشر<sup>۴</sup>، ۱۹۵۹ و فولر<sup>۵</sup>، ۱۹۶۰) معطوف شده است. اکنون که بیش از پنجاه سال از معرفی روش AMS می‌گذرد، این روش بیش از پیش توسعه یافته و در شاخه‌های مختلف علوم زمین از جمله چینه‌شناسی مغناطیسی، دیرینه مغناطیس، زمین‌ساخت، زمین‌شناسی زیست‌محیطی، زمین‌شناسی اقتصادی، کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی و به ویژه تعیین سازوکار جایگیری توده‌های گرانیتوئیدی کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است. در مطالعات اولیه، فازها یا ترکیبات فرومغناطیس را عامل اصلی انیزوتروپی مغناطیسی می‌دانستند (هارگریوز و فیشر، ۱۹۵۹؛ فولر، ۱۹۶۰ و ریس، ۱۹۶۱). اما در مطالعات بعدی به این نتیجه رسیدند که در موارد بسیاری، عامل ایجاد انیزوتروپی مغناطیسی کانی‌های پارامغناطیس می‌باشند (هونداسلو<sup>۶</sup>، ۱۹۸۵؛ برادپال<sup>۷</sup> و همکاران، ۱۹۸۵، ۱۹۸۶؛ لونبیرگ و همکاران<sup>۸</sup>، ۱۹۹۹ و هیرت و همکاران<sup>۹</sup>، ۲۰۰۰). از این رو، در زمینه انجام روش انیزوتروپی مغناطیسی بر اساس کانی‌های پارامغناطیسی، علاقه‌مندی فزاینده‌ای ایجاد گردید (هرناندز، ۲۰۰۲).

انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی (AMS) در واقع یک خاصیت و استعداد فیزیکی در سنگ‌ها است که در علم پتروفابریک و مطالعات ساختاری استفاده می‌شود. AMS از جهت‌یابی ترجیعی کانی‌های

---

1- Hernandez et.al.

2- Rees

3- Stagey

4- Hargraves and Fischer

5- Fuller

6- Hounslow

7- Borradaile

8- Lüneburg et.al.

9- Hirt et.al

دارای خواص مغناطیسی و به بیان دیگر فابریک مغناطیسی ناشی می‌شود و با بعضی از جنبه‌های فابریکی سنگ‌ها ارتباط مستقیم دارد، پس به عنوان ابزاری توصیفی، مؤثر، آسان و سریع عرضه شده ولو اینکه ارتباط بین فابریک مغناطیسی و پتروفابریک بسیار پیچیده باشد.

فابریک ماگمایی روش قدرتمندی برای مطالعه گرانیتهاست چون الگوهای استرین را در مقیاس محلی در سنگ‌هایی که تشخیص فابریک در آن‌ها مشکل است، فراهم می‌کند (بوشه و همکاران<sup>۱</sup> ۲۰۰۲).

AMS با طیف گسترده‌ای از کاربردها و استفاده‌های متعدد در علوم زمین روش بسیار مفیدی است، به این دلیل که AMS تقریباً در هر سنگ و هر نوع رسوبی کاربرد دارد. حساسیت بالای آن موجب شده که حتی در سنگ‌هایی که قبلاً ایزوتروپ یا همگن تصور می‌شد، نیز فابریک قابل اندازه‌گیری و قابل تشخیص باشد. بنابراین مسیرهای تحقیقاتی جدیدی با این روش گشوده شد که از لحاظ زمانی هم با صرفه است (بوشه و همکاران، ۱۹۹۲).

تشخیص فابریک داخلی سنگ‌های گرانیته با اندازه‌گیری‌هایی که در روش‌های قدیمی و سنتی صورت می‌گیرد تا حدود زیادی مشکل است. برای مثال تشخیص خطوارگی‌ها در صحرا حتی زمانی که گرانیته‌های پورفیروئیدی تورق پیدا کرده‌اند، سخت است.

برگواره‌ها و خطواره‌های حاصل از جهت‌یافتگی کانی‌های سازنده توده‌های گرانیته‌ی در قالب علم پتروفابریک مورد مطالعه قرار می‌گیرد. بررسی انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی (AMS) به عنوان یک روش عملی و قابل اعتماد می‌تواند ساخت‌ها یا فابریک‌های ماگمایی را شناسایی و تعیین کند. در این روش برگوارگی‌ها و خطوارگی‌های سنگ‌ها، بر اساس اندازه‌گیری پارامترهای مغناطیسی کانی‌هایی که دارای خاصیت مغناطیسی هستند، تعیین می‌شود. از این رو، حتی در توده‌هایی که دارای برگوارگی و خطوارگی قابل مشاهده نیستند می‌توان با سهولت از این روش کمک گرفت. در ضمن

---

2- Bouchez et.al.

کتب و مقالات بسیار زیادی درباره آن چاپ شده و آزمایشگاه‌های زیادی در سراسر دنیا، پیرامون این روش و موضوعات مرتبط با آن، به تحقیق و بررسی مشغول هستند. کشورهای چک، فرانسه، ایتالیا، آلمان، سوئیس، سوئد، آمریکا، کانادا، هند، آفریقای جنوبی، اسپانیا، ژاپن، کره جنوبی و روسیه در این زمینه پیشتاز هستند. کشورهایی که در این زمینه فعالیت دارند بسیار زیاد هستند و علاقمندان می‌توانند برای اطلاع از آنها و توانایی‌هایشان به پایگاه اینترنتی [WWW.Agico.com](http://WWW.Agico.com) مراجعه نمایند.

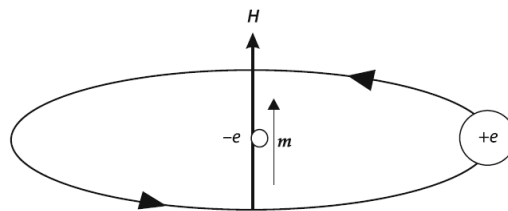
آزمایشگاه‌های نوپای محیط و دیرینه مغناطیس "سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور" و "آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود" اولین آزمایشگاه‌هایی هستند که در ایران در زمینه مطالعه فابریک‌های مغناطیسی و دیرینه مغناطیس شروع به کار نموده‌اند.

از سال ۱۳۸۶ به اینطرف، با فراهم شدن امکانات اندازه‌گیری ویژگی‌های مغناطیسی سنگ‌ها در آزمایشگاه محیط و دیرینه‌مغناطیس در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و در آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود، امکان انجام مطالعه فابریک‌های مغناطیسی و دیرینه‌مغناطیس در ایران مهیا گردیده است. بررسی سازوکار جایگیری توده گرانیتوئیدی ظفرقند به روش ناهمگنی خودپذیری مغناطیسی (AMS)، مطالعه‌ای است که برای اولین بار و با امکانات کاملاً داخلی در سطح کارشناسی ارشد در ایران انجام شده است و نتایج جالب و با ارزشی به همراه داشته است. معدود مطالعاتی که قبلاً در این زمینه صورت گرفته، در سطح رساله دکتری بوده و غالباً در آزمایشگاه‌های خارج از کشور نظیر دانشگاه تولوز فرانسه و زوریخ سوئد صورت گرفته‌اند (نظیر قلمقاش، ۱۳۸۱؛ صادقیان، ۱۳۸۳، شیبی، ۱۳۸۸؛ احدنژاد، ۱۳۸۹؛ صادقیان، ۲۰۰۵؛ اسماعیلی و همکاران ۲۰۰۷؛ قلمقاش و همکاران ۲۰۰۹). از این رو، این مطالعه تحقیقی بسیار نو و منحصر به فرد می‌باشد و سرآغاز راهی است که ادامه آن می‌تواند نتایج با ارزشی در شناخت زمین‌شناسی ایران همراه داشته باشد. لازم به ذکر است توده گرانیتوئیدی دره‌باغ همگام و همزمان با مطالعه فابریک‌های مغناطیسی آن، از دیدگاه ژئوشیمی و پترولوژی نیز مورد بررسی قرار گرفته است (باغبانی، ۱۳۹۰).

نتایج بدست آمده در طی این دو تحقیق به تحکیم و تأیید نتیجه‌گیری‌های صورت گرفته کمک شایان توجهی نموده است.

#### ۲-۴- رفتار و ویژگی‌های مغناطیسی کانی‌ها

الکترون همواره در یک مدار مشخص به دور هسته در حال حرکت است با این چرخش میدان مغناطیسی کوچکی در اتم به وجود می‌آید (شکل ۴-۱). هر ماده‌ای که در میدان مغناطیسی قرار گیرد رفتار متفاوتی از خود نشان می‌دهد. معیار تفکیک مواد مغناطیسی از یکدیگر چگونگی پاسخ آن‌ها به میدان مغناطیسی خارجی است. بر این اساس، مواد در سه گروه مهم دیامغناطیس، پارامغناطیس و فرومغناطیس تقسیم می‌شوند.



شکل ۴-۱- چرخش الکترون در اطراف هسته باعث ایجاد میدان مغناطیسی H می‌شود (هرناندز، ۲۰۰۲).

#### ۲-۴-۱- دیامغناطیس

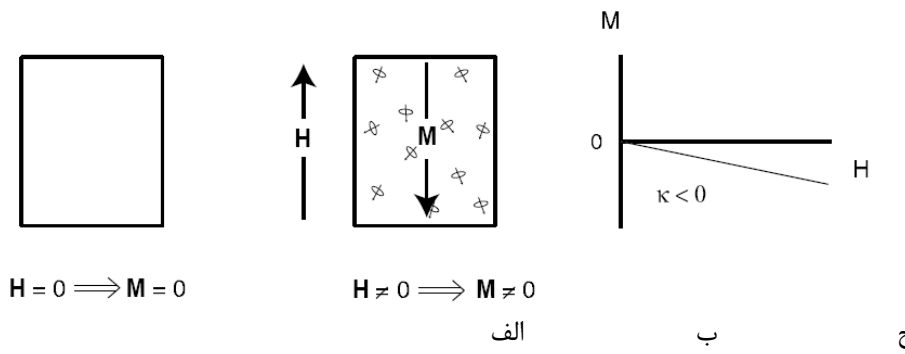
وقتی میدان مغناطیسی خارجی بر مواد دیامغناطیس اعمال می‌شود، همه الکترون‌ها در مواد دیامغناطیس طوری جفت می‌شوند که گشتاور مغناطیسی مربوط به اسپین‌های الکترونی با گشتاور مغناطیسی شبکه خنثی می‌شود. مواد دیامغناطیس وقتی در میدان مغناطیسی خارجی (H) قرار می‌گیرند، مغناطیس‌شدگی کوچک (M) اما برخلاف میدان اعمال شده (H) دریافت می‌کنند. بنابراین بین افزایش شدت میدان و مقدار مغناطیس‌شدگی القائی جسم، ارتباط معکوس وجود دارد (شکل ۴-۱).



۲). در مواد دیامغناطیس، مغناطیس‌شدگی به طور خطی وابسته به میدان اعمال شده است و با برگشت میدان (کاهش شدت میدان)، به صفر کاهش می‌یابد (بوشه، ۱۹۹۷؛ باتلر، ۱۹۹۸).

در مواد دیامغناطیس، میدان مغناطیسی خارجی اعمال شده بر جسم، حرکت مداری الکترون‌ها را تغییر می‌دهد تا مغناطیس‌شدگی کوچک برخلاف میدان مغناطیسی اعمال شده تولید شود. خودپذیری مغناطیسی (K) ماده دیامغناطیس، منفی و مستقل از دما می‌باشد

با توجه به جدول ۴-۱ خودپذیری مغناطیسی کلی کانی‌های دیامغناطیس پایین است از این رو در صورت حضور کانی‌های پارامغناطیس و فرومغناطیس از میزان خودپذیری مغناطیسی کانی‌های دیامغناطیس صرف نظر می‌شود (تارلینگ و هرودا، ۱۹۹۳). معمول‌ترین مواد دیامغناطیس، کوارتز و کلسیت هستند. همچنین می‌توان به کانی‌هایی مثل گرافیت، ژیپس، دولومیت، کربنات‌ها، فلدسپار و ترکیبات آلی نیز اشاره کرد (رابینسون و کوروه<sup>۱</sup>، ۱۹۸۸).



شکل ۴-۲- رفتار مواد دیامغناطیس الف- در غیاب میدان مغناطیسی ب- هنگام اعمال میدان مغناطیسی ج- تغییرات مغناطیس‌پذیری به عنوان تابعی از شدت میدان اعمال شده (لوری<sup>۲</sup>، ۱۹۹۷).

### ۴-۲-۲- پارامغناطیس

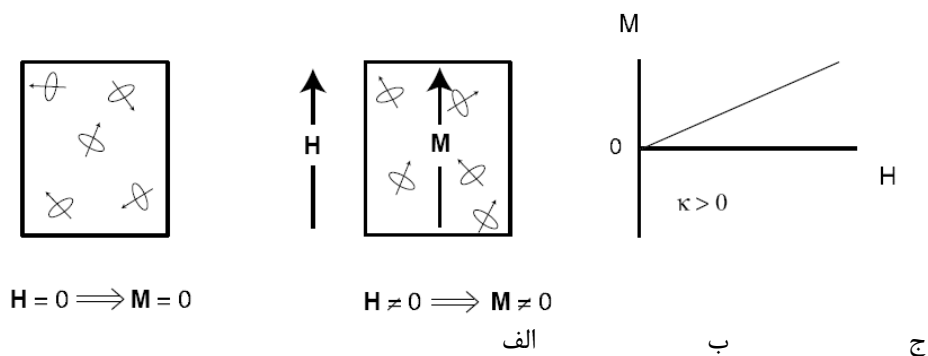
خاصیت پارامغناطیسی در موادی وجود دارد که اتم‌هایی با اسپین‌های جفت نشده دارند. مواد پارامغناطیس، برخلاف مواد دیامغناطیس، دارای خودپذیری مغناطیسی (K) کوچک و مثبت هستند. جامدات پارامغناطیس دارای اتم‌هایی با گشتاورهای مغناطیسی اتمی هستند (اما بدون اثر متقابل بین

1-Robinson and Coruh  
2- Lowrie

گشتاورهای اتمی مجاور) و مغناطیس‌شدگی القائی (M) به موازات میدان اعمال شده (H) ایجاد می‌کنند (شکل ۴-۳). در اینجا نیز مشابه مواد دیامغناطیس وقتی که میدان مغناطیسی بازگشت کند، مغناطیس‌شدگی القائی به سمت صفر کاهش می‌یابد. فایالیت ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ) یکی از کانی پارامغناطیس بارز است که در دمای اتاق، خودپذیری مغناطیسی در حدود  $10^{-5}$  SI/۳/۵ می‌باشد (باتلر، ۱۹۹۸).

در جامدات پارامغناطیس گشتاورهای اتمی مستقل از میدان‌های مغناطیسی خارجی و انرژی گرمایی عمل می‌کنند و در هر دمایی بالای صفر مطلق، انرژی گرمایی شبکه کریستال را مرتعش می‌سازد که باعث ایجاد گشتاورهای مغناطیسی اتمی برای ارتعاش سریع و اتفاقی در جهات خاص می‌شود. در غیاب میدان مغناطیسی، گشتاورهای اتمی در جهات مختلف به طور مساوی توزیع شده‌اند و دارای تراکم مغناطیس‌شدگی برابر با صفر می‌باشند و ماده، فاقد خودپذیری مغناطیسی است،

اما با اعمال میدان مغناطیسی خارجی، الکترون‌ها تا حدودی در جهت میدان خارجی قرار گرفته و در نتیجه دارای خودپذیری مغناطیسی ضعیف و مثبت (در حدود  $500$  تا  $100$   $\mu\text{SI}$ ) می‌باشد (جدول ۴-۱). خودپذیری مغناطیسی این مواد با دمای مطلق تناسب معکوس دارد (هرناندز، ۲۰۰۲). بیشتر کانی‌های رسی، الیوین‌ها، آمفیبول‌ها و پیروکسن‌ها و میکاها از جمله کانی‌های پارامغناطیسی هستند که در سنگ‌ها یافت می‌شوند (لانزا و ملونی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶).



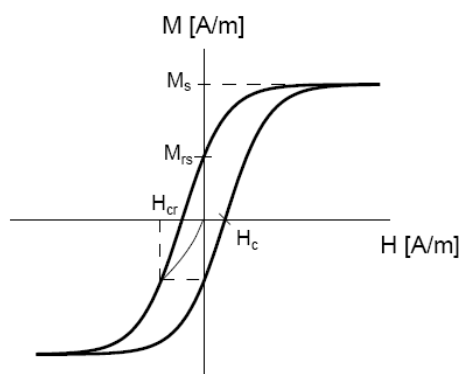
شکل ۴-۳- رفتار مواد پارامغناطیس الف- در غیاب میدان مغناطیسی ب- هنگام اعمال میدان مغناطیسی ج- تغییرات مغناطیس‌پذیری به عنوان تابعی از شدت میدان اعمال شده (لوری ۱۹۹۷).

<sup>1</sup>- Lanz and Meloni

#### ۴-۲-۳- فرومغناطیس

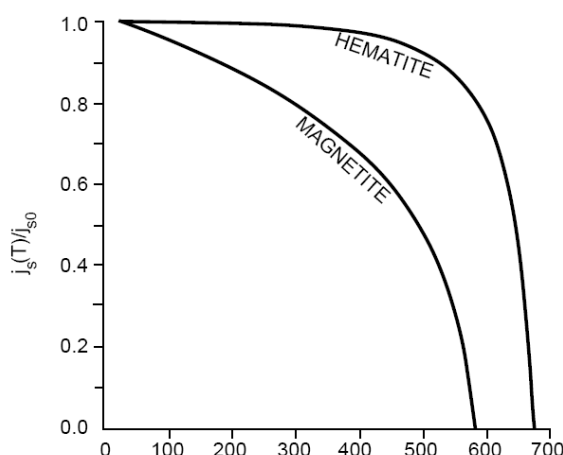
مواد فرومغناطیس دارای اسپین‌های غیر خنثی شبیه به مواد پارامغناطیس هستند. جامدات این گروه خودپذیری مغناطیسی مثبت داشته و در میدان با شدت زیاد بی‌اثر (Null) می‌شوند (بوشه، ۱۹۹۷). جامدات فرومغناطیسی، اتم‌هایی با گشتاورهای مغناطیسی دارند که برخلاف مواد پارامغناطیس، گشتاورهای اتمی مجاور، بدون اعمال میدان خارجی به شدت بر یکدیگر تأثیر دارند. نتیجهٔ برهمکنش، تولید مغناطیس‌شدگی‌هایی در جامدات فرومغناطیس است که می‌تواند درجات بزرگی بیشتر از جامدات پارامغناطیس در حضور میدان مغناطیسی مشابه داشته باشد. برای یک مادهٔ فرومغناطیس در دمای خاص، مغناطیس‌شدگی متناسب با اشباع‌شدگی مغناطیسی<sup>۱</sup> (MS)، می‌باشد (شکل‌های ۴-۴).

اشباع‌شدگی مغناطیسی با افزایش دما کاهش می‌یابد و در دمای کوری<sup>۲</sup> (Tc) به صفر می‌رسد که به عنوان شاخصی برای شناخت مواد فرومغناطیس استفاده می‌شود (۵۸۰ درجه سانتیگراد برای مگنتیت و ۶۸۰ درجه سانتیگراد برای هماتیت و ...). وابستگی دمایی اشباع مغناطیسی برای مگنتیت و هماتیت در شکل ۴-۵ نشان داده شده است. بالاتر از دمای کوری، مواد فرومغناطیس به شکل پارامغناطیس در می‌آیند.



شکل ۴-۴- دیاگرام حلقه پسماند. نقطه MS اشباع‌شدگی مغناطیسی را نشان می‌دهد که در این نقطه تمام گشتاورهای مغناطیسی هم جهت با میدان اعمال شده می‌باشند. با کاهش میدان (H) در این نقطه منحنی به Hc برگشت می‌کند. مغناطیس پسماند (Mr) می‌باشد. با اعمال میدان مغناطیسی مخالف (Hc)، مغناطیس‌شدگی M در جهت منفی کامل شده و با اعمال میدان موافق اشباع‌شدگی به سمت مثبت دور می‌زند (هرناندز، ۲۰۰۲).

- 1- Magnetic saturation
- 2- Curie temperature



شکل ۴-۵ - اشباع‌شدگی مغناطیسی نرم‌الایزه شده در مقابل دما برای مگنتیت و هماتیت.  $M_{SO}$ ، اشباع‌شدگی مغناطیسی در دمای اتاق می‌باشد که برای هماتیت حدود ۲ گوس و برای مگنتیت ۴۸۰ گوس است (باتلر، ۱۹۹۸).

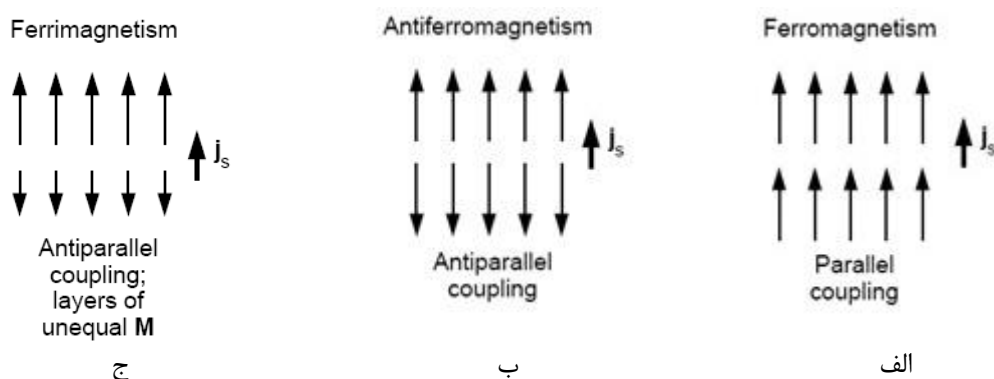
از این گذشته شدت زیاد مغناطیسی شدن، خاصیت اساسی جامدات فرومغناطیسی است که قابلیت ثبت جهت یک میدان مغناطیسی خارجی را دارند. در طول برگشت میدان مغناطیسی، مغناطیس‌شدگی به صفر میل نمی‌کند؛ اما میدان اعمال شده را ثبت می‌کند. مسیر مغناطیس‌شدگی  $M$ ، به عنوان تابعی از میدان اعمال شده،  $H$ ، را حلقه پسماند می‌نامند.

به علت افزایش فاصله بین اتمی در حین انبساط گرمایی، شدت جفت‌شدگی تبادلی و برآیند اشباع‌شدگی مغناطیسی با افزایش دما کاهش می‌یابد. در این هنگام گشتاورهای مغناطیسی به صورت مستقل بوده و ماده به صورت پارامغناطیس در می‌آید. البته با سرد کردن ماده تا زیر دمای کوری ( $T_C$ ) ماده دوباره به صورت فرومغناطیس در می‌آید.

مغناطیس‌شدگی جامدات فرومغناطیس تا حد اشباع‌شدگی به طور آسان‌تری در امتداد برخی جهات بلورشناسی خاص انجام می‌شود که جهت‌های آسان مگنتو کریستالین<sup>۱</sup> و وابستگی بلورشناسی فرومغناطیس و همچنین انیزوتروپی مگنتو کریستالین نامیده می‌شود. این وابستگی به جهت بلورشناسی ناشی از چرخش مداری الکترون‌ها می‌باشد. از آنجایی که فواصل بین اتمی به جهت

1- magneto crystalline easy direction

بلورشناسی بستگی دارد، میزان همپوشانی اوربیتال (و در نتیجه انرژی تبادل) نیز به جهت بلورشناسی وابسته است. در نتیجه انیزوتروپی مگنتوکریستالین و تبادل انرژی وابسته به جهت بلورشناسی مغناطیس‌شدگی است. انیزوتروپی مگنتوکریستالین، منبع عمده پایداری برای پالئومغناطیس در سنگ‌ها می‌باشد (باتلر، ۱۹۹۸). انرژی تبادل ممکن است هر دو نوع جفت‌شدگی تبدیلی همسو یا ناهمسو را ایجاد کند. این حالت از جفت‌شدگی به نوع عنصر واسطه و ساختمان بلور بستگی دارد. جایجایی جفت‌شدگی تبدیلی در شکل ۴-۶ نشان داده شده است.



شکل ۴-۶- جفت‌شدگی تبدیلی برای: الف- مواد فرومغناطیس؛ ب- آنتی فرومغناطیس و ج- فری مغناطیس. مغناطیس‌شدگی خالص برای ماده فری مغناطیس در سمت راست نشان داده شده است. مغناطیس‌شدگی خالص مواد آنتی فرومغناطیس صفر می‌باشد (باتلر، ۱۹۹۸).

مواد فرومغناطیس خود به سه دسته ۱- فرومغناطیس واقعی، ۲- آنتی فرومغناطیس و ۳- فری مغناطیس تقسیم می‌شوند (تارلینگ و هرودا، ۱۹۹۳). این تقسیم بندی براساس قرارگیری امتداد ممان‌های مغناطیسی داخل حوزه‌ها در هنگامی که ماده در یک میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، تعریف شده است.

در مواد فرومغناطیس واقعی حوزه‌ها همه در یک جهت امتداد یافته‌اند (شکل ۴-۶- الف). مواد فرومغناطیس واقعی مانند آهن، کبالت و نیکل دارای ممان‌های مغناطیسی موازی هستند و در نتیجه

به مغناطیس‌شدگی قوی منجر می‌شود که در غیاب میدان مغناطیسی خارجی هم باقی می‌ماند. این مواد به ندرت در طبیعت به طور خالص یافت می‌شوند (تارلینگ و هرودا، ۱۹۹۳).

در مواد آنتی فرومغناطیس، حوزه‌ها به طور مساوی و در دو جهت مخالف یکدیگر قرار گرفته‌اند (شکل ۴-۶-ب). کانی‌های آنتی فرومغناطیس مثل هماتیت ( $Fe_2O_3$ ) و گوتیت ( $FeOOH$ ) درحوزه مغناطیسی شبیه مواد خنثی رفتار می‌کند و در اندازه‌گیری خودپذیری مغناطیسی، زیاد تأثیرگذار نمی‌باشند یا به عبارتی دارای خودپذیری مغناطیسی قابل توجهی نیستند (تارلینگ و هرودا، ۱۹۹۳).

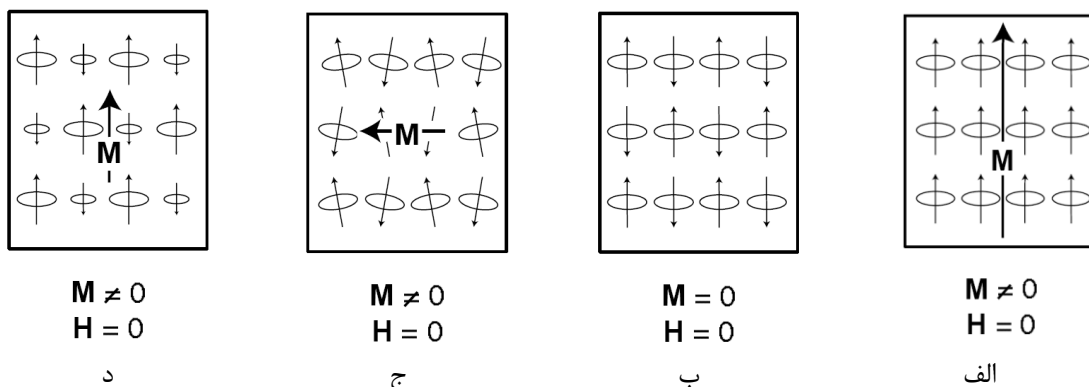
میدان مغناطیسی خارجی دیواره‌های این حوزه‌ها در مواد فری مغناطیس را به گونه‌ای جابه‌جا می‌کند که در حوزه‌های مجاور، ممان‌ها، در دو جهت مخالف هم (که یک جهت قوی‌تر است) و غیرمساوی قرار گیرند (شکل ۴-۶-ج). در این نوع قرارگیری، حوزه دارای ممان مغناطیسی جهت‌دار می‌شود مثل مگنتیت و پیروتیت. کانی‌های فری مغناطیس در پوسته زمین منبع آنومالی‌های مغناطیسی در بررسی‌های ژئوفیزیکی می‌باشند (رابینسون و کوروه، ۱۹۸۸).

اصطلاح فرومغناطیس به جامداتی با جفت‌شدگی همسوی گشتاورهای مغناطیسی اتمی مجاور اطلاق می‌شود (شکل ۴-۷-الف). حالت‌هایی که در شکل ۴-۷ ب و ج رسم شده است، بیانگر جفت‌شدگی همسوی درون لایه‌ای گشتاورهای مغناطیسی اتمی و اما جفت‌شدگی ناهمسوی بین لایه‌ای می‌باشد. چنانچه لایه‌ها دارای گشتاور مغناطیسی مساوی باشند، لایه‌های مقابل همدیگر را خنثی می‌کنند و در نتیجه اشباع‌شدگی مغناطیسی برابر با صفر می‌شود که به این نوع از جفت‌شدگی، جفت‌شدگی آنتی فرومغناطیس گفته می‌شود. چنانچه لایه‌های غیر همسان دارای گشتاور مغناطیسی ناهمسو باشند، اشباع‌شدگی مغناطیسی حاصله متوجه جهت لایه‌های غالب می‌باشد. چنین موادی فری مغناطیس (Ferrimagnetic) نامیده می‌شوند (شکل ۴-۷-د) و بسیاری از کانی‌های فرومغناطیس مهم در اصل فری مغناطیس هستند (باتلر، ۱۹۹۸).

مواد فرومغناطیس دارای خودپذیری مغناطیسی قوی و مثبت (جدول ۴-۱) در حدود  $10^4 \mu SI$  تا  $10^7$  هستند (لانزا و ملونی، ۲۰۰۶). با افزایش دما خودپذیری مغناطیسی در این گروه کاهش می‌یابد.

کانی‌های فرومغناطیس اغلب به مقدار کم و به عنوان کانی‌های فرعی (کمتر از ۰/۵ درصد) در سنگ حضور دارند. با این حال، در صورتی که مقدار مگنتیت بیشتر از ۰/۱ درصد حجم سنگ را تشکیل دهد، اثر مغناطیسی کانی‌های دیگر را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد و جسم مورد نظر خودپذیری مغناطیسی شدیداً بالایی را نشان می‌دهد (هرودا و کاهان<sup>۱</sup>، ۱۹۹۱).

شکل ۴-۸- نمودار خودپذیری مغناطیسی برحسب SI در مقابل میزان کانی‌های فرومغناطیس و پارامغناطیس (برحسب درصد وزنی) را نشان می‌دهد. مگنتیت به عنوان یک کانی فرومغناطیس می‌تواند خودپذیری مغناطیسی در حد بالایی افزایش دهد.

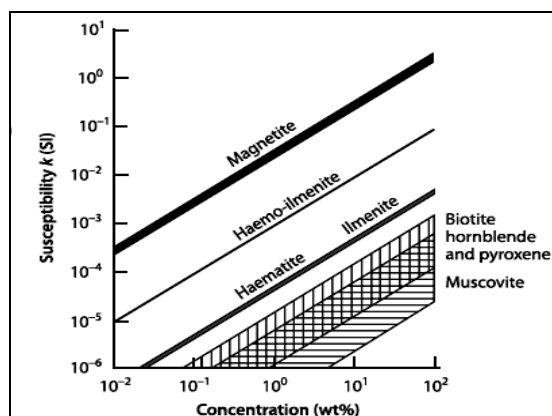


شکل ۴-۷- نمایش شماتیکی از مغناطیس‌پذیری شبکه‌ای در مواد فرومغناطیس. الف- فرومغناطیس، ب- آنتی فرومغناطیس، ج- فرومغناطیس پارازیتی یا آنتی فرومغناطیس اسپین مایل، د- فری مغناطیس (لوری ۱۹۹۷).

جدول ۴-۱- معرفی میزان خودپذیری مغناطیسی چند مورد از کانی‌های دیا، پارا و فرومغناطیس (تارلینگ ۱۹۹۳).

$$1 \mu\text{SI} = 10^{-6} \text{SI}$$

فرومغناطیس		پارامغناطیس		دیامغناطیس	
$\mu\text{SI}$	کانی	$\mu\text{SI}$	کانی	$\mu\text{SI}$	کانی
۱۰ <sup>۶</sup> تا ۱۰ <sup>۷</sup>	مگنتیت	۲۰ تا ۶۰۰	کلینوپیروکسن	-۴۰	دولومیت
۱۰ <sup>۵</sup> * ۳ تا ۱۰ <sup>۴</sup> * ۵	پیروتیت	۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰	ارتوپیروکسن	-۱۳	کلسیت
۱۰۰۰ تا ۱۰ <sup>۴</sup> * ۵	هماتیت	۱۰۰ تا ۱۰۰۰	آمفیبول	-۱۵	کوارتز
۲۰۰۰	گوتیت	۸۰۰ تا ۳۰۰۰	بیوتیت	-۱۵	فلدسپار پتاسیم
		۴۰ تا ۷۰۰	مسکوویت	-۱۵	گچ
		۷۰ تا ۱۵۵۰	کلریت	-۸	گرافیت
		۱۳- تا ۵۰۰۰	اولیوین		



شکل ۴-۸- نمودار خودپذیری مغناطیسی برحسب SI در برابر میزان کانی‌های فرومغناطیس و پارامغناطیس که برحسب درصد وزنی عنوان شده‌اند. توجه نمایید که مگنتیت چقدر می‌تواند حساسیت مغناطیسی را افزایش دهد (هرودا و کاهان، ۱۹۹۱).

#### ۴-۳- عوامل تأثیرگذار بر خودپذیری مغناطیسی کانی‌ها

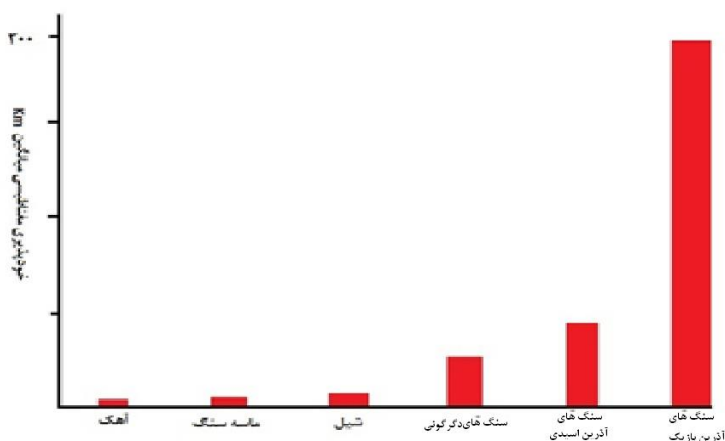
خاصیت مغناطیسی مواد در صورتی از بین می‌رود که دمای ماده (جسم) از درجه کوری عبور کند. دمای کوری به دمایی گفته می‌شود که در آن، مواد خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهند. عواملی مانند گرما، فرایندهای هوازدگی و دگرگونی می‌توانند به کاهش میزان خودپذیری مغناطیسی کانی‌ها و سنگ‌ها منجر شوند. در دمای صفر مطلق ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) مغناطیس شدگی یا  $M$  مقدار بالایی را نشان می‌دهد ولی در دمای کوری این مقدار تا صفر کاهش می‌یابد. از این رو، افزایش دما با کاهش میزان خودپذیری مغناطیسی مواد رابطه عکس دارد به طوری که با رسیدن مواد به درجه کوری، خاصیت مغناطیسی آن‌ها از بین می‌رود.

هوازدگی نیز باعث کم شدن خودپذیری مغناطیسی سنگ‌ها می‌شود، برای مثال از این جهت که در اثر رخ دادن تبدیل، مگنتیت به هماتیت، در طی فرآیند اکسیداسیون باعث می‌گردد که خودپذیری مغناطیسی کاهش یابد. میزان خودپذیری مغناطیسی به درجه اکسیداسیون نیز بستگی دارد.



#### ۴-۴- اندازه‌گیری مغناطیس سنگ

هرچه میزان خودپذیری مغناطیسی کانی‌های سازنده سنگ‌ها بیشتر باشد، میزان خودپذیری مغناطیسی آن‌ها بیشتر خواهد بود. در طبیعت سنگ‌های رسوبی از پایین‌ترین و سنگ‌های آذرین بالاترین میزان خودپذیری مغناطیسی برخوردار هستند. این امر به این خاطر است که میزان خودپذیری مغناطیسی سنگ‌ها به نسبت حجمی کانی‌های دارای خاصیت مغناطیسی و شیوه پراکندگی آن‌ها در سنگ وابسته است. از این رو، میزان خودپذیری مغناطیسی در سنگ‌های آذرین بزرگ به علت وجود مگنتیت بیشتر، در محدوده  $1500$  تا  $90000$   $\mu SI$  قرار می‌گیرد (شکل ۴-۹). در گرانیت‌ها و گرانودیوریت‌های نوع I، مگنتیت حضور دارد که به موجب آن، میزان خودپذیری مغناطیسی بالایی در این نوع سنگ‌ها مشاهده می‌شود (تاکاهاشی<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۸۰؛ چاپل و وایت<sup>۲</sup>، ۲۰۰۱). هرچه درصد حجمی کانی‌های فرامگناطیس از جمله مگنتیت در سنگ بیشتر باشد، خودپذیری مغناطیسی آن نیز بیشتر می‌شود. اما گرانیت‌ها و گرانودیوریت‌های نوع ایلمنیت (S) (ایشیهارا<sup>۳</sup>، ۱۹۷۷) به علت عدم حضور مگنتیت و وجود کانی‌های پارامگناطیسی چون بیوتیت و ایلمنیت از میزان خودپذیری مغناطیسی پایین‌تری ( $500$  تا  $100$   $\mu SI$ ) برخوردارند.

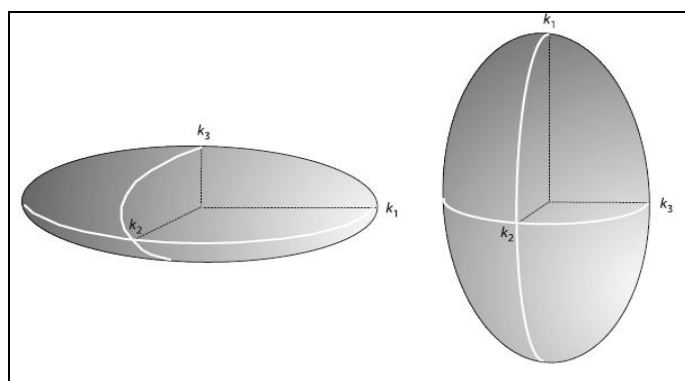


شکل ۴-۹- میزان خودپذیری مغناطیسی در برابر ترکیب سنگ‌شناسی. (بوشه، ۱۹۹۷، بازسازی شده)

- 1-Takahashi
- 2-Chappell & White
- 3- Ishihara

برای اندازه‌گیری میزان مغناطیس‌شدگی سنگ یا به عبارتی حاصل نسبت بین مغناطیس‌شدگی و شدت میدان از دستگاه مغناطیس‌سنج استفاده می‌شود. از چندین سال پیش تاکنون دستگاه‌های مغناطیس تحولات عمده‌ای را پشت سر گذاشته‌اند و روز به روز دقیق‌تر، سریع‌تر و حساس‌تر شده‌اند. دستگاه MFK1-FA دستگاه مغناطیس‌سنجی است که در این پژوهش از آن استفاده شده است. این دستگاه قادر به اندازه‌گیری خودپذیری مغناطیسی نمونه‌های دارای خاصیت مغناطیسی می‌باشد. بخش اندازه‌گیری کننده دستگاه از سیم‌پیچی تشکیل شده که دارای جریان الکتریکی است، که با ایجاد جریان در سیم پیچ باعث ایجاد میدان مغناطیسی می‌شود. نمونه‌ها درون این میدان قرار می‌گیرند و در نتیجه با قرار گرفتن آنها در میدان مغناطیسی، حوزه‌های اتمی، موازی میدان القایی آرایش می‌یابند و مغناطیس‌شدگی القایی در نمونه ایجاد می‌شود. شدت مغناطیس‌شدگی یا مغناطش (M) با شدت میدان مغناطیس کننده اعمال شده بر جسم (H)، رابطه مستقیم دارد و در بین آنها رابطه خطی  $M=KH$  برقرار می‌باشد.

در مطالعات فابریک مغناطیسی، تغییرات خودپذیری مغناطیسی در یک فضای سه‌بعدی به صورت یک بیضوی تجسم می‌شود که به بیضوی مغناطیسی معروف است به شکل‌های ۴-۱۰ و شکل ۴-۱۱ نگاه کنید.

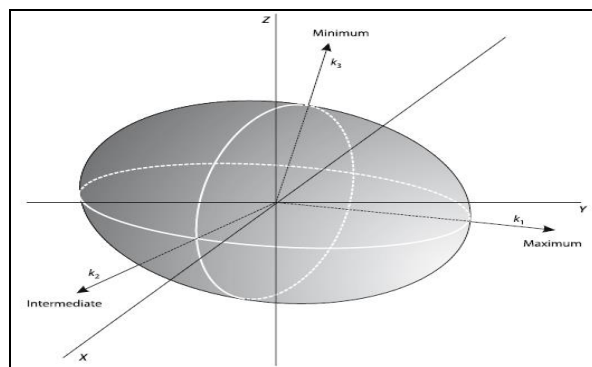


الف ب

شکل ۴-۱۰- بیضوی مغناطیسی مبتنی بر مقادیر  $K_1, K_2, K_3$ .

الف: بیضوی مغناطیسی دوکی یا سیگاری شکل.

ب: بیضوی مغناطیسی کلوچه‌ای شکل.



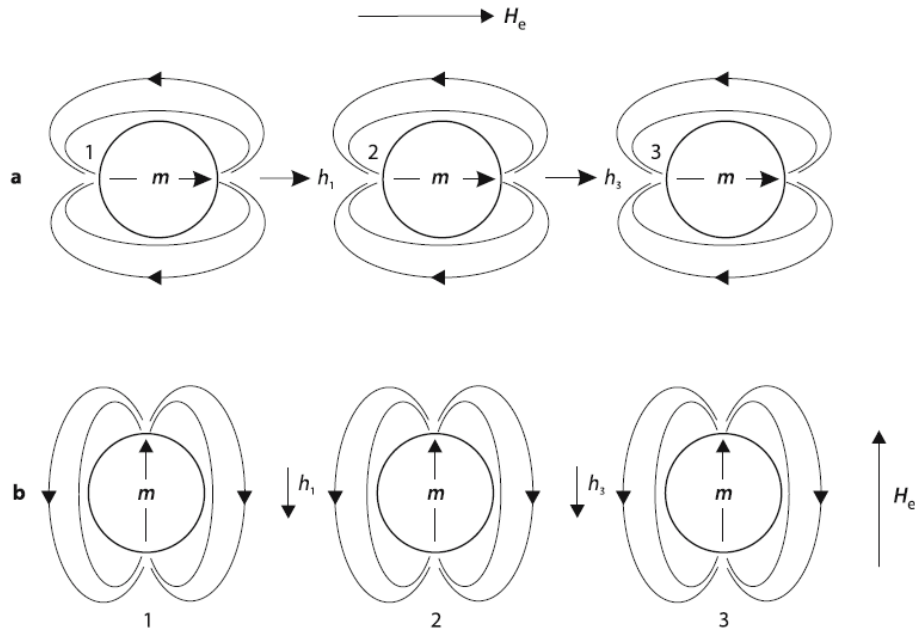
شکل ۴-۱۱- در این شکل  $K_{max}$ ,  $K_{int}$ ,  $K_{min}$  در بیضوی مغناطیسی به تصویر کشیده شده است.

اگر میزان خودپذیری مغناطیسی یک جسم بالاتر باشد، میزان مغناطیس شدگی آن نیز بیشتر است. این مقدار  $K$  یا همان ثابت تناسب است.  $M$  و  $H$  دارای یک واحد (Ampere/Meter) هستند از این رو  $K$  بدون واحد است و در دستگاه استاندارد بین المللی برحسب SI و یا  $\mu SI$  تعریف می شود. بنابراین میزان  $K$ ، فقط به نوع ماده بستگی دارد (رابینسون و کوره، ۱۹۸۸). جهت گیری حوزه های مغناطیسی در اتم های مواد مختلف متفاوت است در نتیجه، خودپذیری مغناطیسی یا  $K$ ، قوی یا ضعیف بودن میدان مغناطیسی را نشان می دهد. یعنی هنگامی که مواد فرومغناطیس در نمونه های سنگی حضور دارند میدان مغناطیسی قوی تر است ولی حضور مواد دیامغناطیس باعث تضعیف میدان مغناطیسی می شود.

در حضور میدان مغناطیسی، حوزه های مغناطیسی بر طبق میدان جهت گیری می کنند و جهت یابی محورهای مغناطیسی موازی با کشیدگی بلوری می باشد. این جهت گیری، به شدت میدان مغناطیسی القاء شده و دمای محیط بستگی دارد. در دمای پایین و شدت میدان مغناطیسی ثابت،  $K$  ثابت در نظر گرفته می شود.

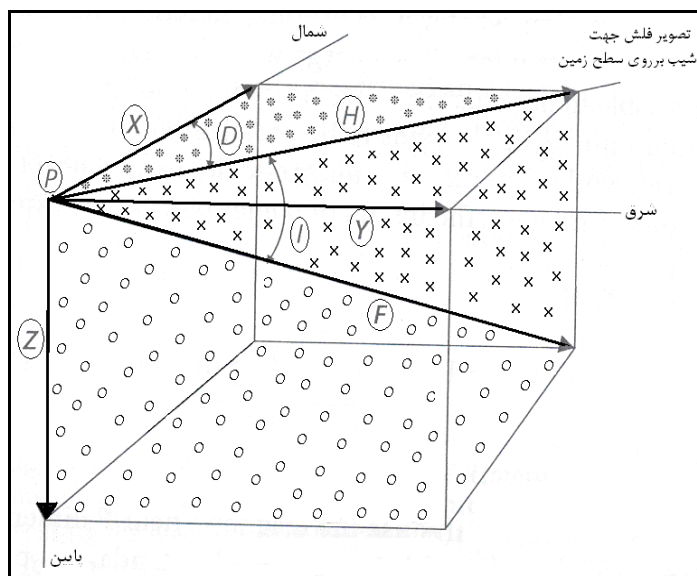
در حضور میدان مغناطیسی خارجی  $H$ ، ذره، دارای ممان مغناطیسی  $m$  می شود که به تولید میدان مغناطیسی القاء شده  $h$  منجر می گردد. در صورتی که  $H$  هم راستای ترتیب ذرات باشد،  $h$  و  $H$ ، در یک

جهت بوده و جسم دارای بیشترین مقدار خودپذیری مغناطیسی خواهد بود (شکل ۴-۱۲ الف). اما وقتی  $H$  در جهت عمود بر ترتیب قرارگیری ذرات باشد کمترین مقدار خودپذیری مغناطیسی در جسم ایجاد می‌گردد (شکل ۴-۱۲ ب).



شکل ۴-۱۲- طرح شماتیک طرز قرارگیری ذرات در مقابل میدان مغناطیسی الف-  $H$  موازی با ترتیب ذرات است، لذا جسم از بیشترین مقدار خودپذیری مغناطیسی برخوردار است. ب- زمانی که  $H$  عمود بر ترتیب قرارگیری ذرات باشد، جسم دارای کمترین مقدار خودپذیری مغناطیسی خواهد بود (هرناندز، ۲۰۰۲).

به منظور اندازه‌گیری و تعیین خودپذیری مغناطیسی می‌توان از شکل ۴-۱۳ استفاده کرد. از نقطه  $P$  سه محور مختصات جغرافیایی  $X, Y, Z$  ترسیم می‌گردد که جهت بررسی توزیع عناصر مغناطیسی در زمین و توصیف جهات مغناطیسی در نظر گرفته می‌شود. محور  $F$  معرف جهت شیب و مقدار شیب نمونه در سطح زمین می‌باشد که تصویر آن بر سطح زمین با محور  $H$  نشان داده شده است. زاویه بین محور  $H$  با محور  $F$  مبین زاویه میل ( $I$  یا  $Inclination$ ) و زاویه محور  $H$  با محور  $X$ ، معرف جهت شیب یا ( $Declination$ ) می‌باشد.



شکل ۴-۱۳- فضای سه‌بعدی تجسمی جهت نشان دادن وضعیت معرف شیب و جهت شیب نمونه (زاویه‌های D و I) و ارتباط آن با فضای جغرافیایی سه‌بعدی حقیقی. (باتلر، ۱۹۹۴)

نمونه‌ها هنگامی که در دستگاه مغناطیس‌سنج قرار می‌گیرند می‌توان آن‌ها را در سه جهت X, Y, Z قرار داد و میزان خودپذیری مغناطیسی آن‌ها را اندازه‌گیری کرد (این جهات، جهات واقعی قرارگیری نمونه در زمین نمی‌باشد). از این رو، حین نمونه‌برداری در صحرا، شیب و جهت شیب نمونه حتماً باید برداشت گردد. قبل از اندازه‌گیری خودپذیری مغناطیسی، این مقادیر به نرم‌افزار داده می‌شود. دستگاه برطبق پیش فرض‌های نرم‌افزاری که جهت این منظور طراحی شده است، شیب و جهت شیب وارد شده را به عنوان مبنای اندازه‌گیری قرار داده و در نهایت میزان خودپذیری مغناطیسی نمونه را متناسب با وضعیت قرارگیری واقعی نمونه در زمین به کاربر ارائه می‌دهد.

#### ۴-۵- روش نمونه‌برداری

مطالعه فابریک مغناطیسی به کمک روش AMS مستلزم طی مراحل خاصی در هر قسمت از موضوع کار یا پژوهش می‌باشد. در این راستا، ابتدا براساس نقشه‌های زمین‌شناسی از قبل چاپ‌شده نظیر نقشه‌های زمین‌شناسی ۱ : ۲۵۰۰۰۰ گلیپایگان (تیله و همکاران، ۱۹۶۴) و ۱ : ۱۰۰۰۰۰ الیگودرز (سهیلی و همکاران، ۱۳۷۱)، تصاویر ماهواره‌ای و تنوع سنگ‌شناسی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ، یک

الگوی نمونه‌برداری اولیه طراحی گردید یعنی به ازای هر یک تا دو کیلومتر مربع یک ایستگاه مغزه‌گیری در نظر گرفته شد. البته حقیقت امر این است که بر حسب تنوع ترکیب سنگ‌شناسی و امکان گرفتن مغزه یا نمونه جهت‌دار ممکن است موقعیت نمونه‌برداری تا حدودی با موقعیت پیش‌بینی شده متفاوت باشد و حتی ممکن است تعداد نمونه‌ها کمتر یا بیشتر شود. در این روش، نمونه‌ها یا مغزه‌ها در صحرا به وسیلهٔ موتور مغزه‌گیر قابل حمل، برداشت می‌شوند. این موتور مغزه‌گیر یک ماشین حفاری کوچک است که می‌توان با استفاده از آن نمونه‌های سنگی به شکل مغزه و به طول ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر و قطر ۲۵ میلی‌متر به دست آورد. تصویر دستگاه مغزه‌گیر قابل حمل استفاده شده در این تحقیق در شکل ۴-۱۴-الف نشان داده شده است. با استفاده از این دستگاه از تودهٔ گرانیتوئیدی دره‌باغ مغزه‌های جهت‌دار برداشت گردید. در ابتدای کار، جهت حفاری باید محل مناسب انتخاب شود. انتخاب محل مناسب باید به گونه‌ای باشد که سنگ از رخنمون خوبی برخوردار باشد و همچنین دارای کمترین درز و شکستگی باشد در صورت وجود شکستگی و درزه در محل حفاری، مغزه خرد شده و مناسب کار مغناطیس نمی‌باشد. ضمناً هنگام مغزه‌برداری در محل باید آزادی عمل کافی برای حفار و موتور مغزه‌گیر وجود داشته باشد. بعد از یافتن محل مناسب، چند ضربه توسط چکش زمین‌شناسی به زمین زده می‌شود تا از برجا بودن، سالم بودن و استحکام سنگ و همچنین عدم هوازدگی آن اطمینان حاصل شود. در مرحلهٔ بعد به کمک ماژیک ضد آب، روی سنگ خط مستقیمی رسم می‌کنیم و یا توسط یک حفاری ناقص طوری که حفاری اصلی را قطع کند شاخصی جهت راهنما ایجاد می‌کنیم (شکل ۴-۱۴-ب). این کار حتماً باید انجام گیرد، چون با جابه‌جا شدن یا شکسته شدن مغزه، به کمک این خط راهنما می‌توان مغزه را در حالت اولیه خود قرار داد. اگر این کار انجام نگیرد و در حین کار اگر مغزه به هر دلیلی شکسته یا جابجا شود و دچار چرخش گردد ممکن است نتوان موقعیت صحیح قرارگیری اولیه آن را پیدا کرد و مغزه اعتبار علمی جهت انجام کارهای بعدی را نخواهد داشت. هنگام کار با موتور، به علت سرعت بالای چرخش مته، گرمای زیادی تولید می‌گردد لذا جهت تعدیل این دما و برای خنک شدن سرمته در حین حفاری، از

آب استفاده می‌شود. مخزن آب توسط یک شیلنگ به ورودی روی آبخور یا آبریز موتور حفاری متصل می‌شود بدین صورت آب لازم هنگام کار تأمین می‌شود. به منظور صرفه‌جویی در میزان آبی که به دستگاه وارد می‌شود شیر کنترل‌کننده‌ای در مسیر عبور آب قرار داده شده است. کنترل آب از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا در برخی مناطق، به علت عدم دسترسی به آب، تهیه آن مشکل است. قبل از شروع کار میزان بنزین موتور و آب موجود در مخزن آب باید کنترل شود تا در حین حفاری مشکلی پیش نیاید. اگر موتور در طی حفاری خاموش شود مته در محل حفاری گیر می‌کند و ممکن است مته یا مغزه شکسته شود. با توجه به قیمت بالای هر مته (حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ هزار تومان) و عدم دستیابی آسان به آن‌ها، باید حفار حداکثر دقت خود را به کار گیرد تا از مته خوب استفاده کند. در ضمن آبرسانی خوب و به موقع، طول عمر مته زیاد می‌شود و می‌تواند به توسعه کار پژوهشی مورد نظر کمک نماید.



ب



الف

شکل ۴-۱۴- الف دستگاه مغزه‌گیر. ب- خط راهنما و محل حفاری مغزه.

بعد از کنترل دستگاه، موتور را روشن کرده و شیر آب را باز می‌کنیم سر مته حفاری را بر روی خط شاخص ترسیم شده بر روی زمین قرار داده و حفاری را آغاز می‌کنیم. تا چند سال پیش موتورهای حفاری مورد استفاده شده در این روش از قدرت کم و در نتیجه سرعت حفاری پایینی برخوردار بود اما خوشبختانه با انجام تمهیدات لازم، در دانشگاه صنعتی شاهرود، موتور مغزه‌گیری با قدرت بالاتر و سرعت حفاری مطلوب ساخته شد که به سرعت و سهولت کار افزود. البته در این بین، قدرت بدنی کاربر و جنس سنگ‌ها نیز در پیشرفت امر حفاری نقش بارزی را ایفا می‌کنند. اگر حین حفاری مغزه

شکسته شود کار را باید متوقف کرد، مغزه را بیرون آورد و سپس کار را ادامه داد. بعد از اینکه مته به اندازه کافی در سنگ فرو رفت مته را به آرامی بیرون آورده و قطعات شکسته شده را با آب تمیز می‌کنیم. سپس خشک کرده و با چسب به یکدیگر می‌چسبانیم. مغزه را باید در سر جای خود قرار داد. برای تعیین شیب و جهت شیب مغزه باید با استفاده از خط راهنما، مغزه را به موقعیت اصلی خود برگرداند.

به منظور اندازه‌گیری آزمایش شیب و شیب مغزه‌های به دست آمده دستگاهی به نام تراز یاب مغزه طراحی گردیده است که شامل یک لوله مسی یا برنجی و یک صفحه فاقد خاصیت مغناطیسی (یا تداخل مغناطیسی) می‌باشد. انتخاب جنس مسی یا برنجی لوله و صفحه فاقد خاصیت مغناطیسی به علت عدم تأثیرگذاری بر روی کارکرد کمپاس می‌باشد. بعد از تمام شدن حفاری با دور کردن تمام وسایل دارای خاصیت مغناطیسی، لوله مسی در درون حفره وارد می‌گردد و با استفاده از حباب تعبیه شده بر روی دستگاه تراز یاب مغزه، آن را در حالت کاملاً تراز قرار داده سپس با کمک کمپاس، شیب و جهت شیب مغزه را اندازه‌گیری می‌کنیم (شکل ۴-۱۵). آزمایش شیب مغزه در محدوده ۰ تا ۳۶۰ درجه و مقدار شیب در محدوده ۰ تا ۹۰ درجه قرار می‌گیرد. در صورتی که حفاری کاملاً قائم و یا بسیار نزدیک به قائم صورت گرفته باشد، جهت شمال را بر روی قسمت بالایی مغزه علامت‌گذاری می‌کنیم و شیب و جهت شیب آن را به صورت 0,90 یادداشت می‌کنیم.



شکل ۴-۱۵- در این تصاویر نحوه برداشت شیب و جهت شیب، توسط کمپاس و تراز یاب مغزه نشان داده شده است.



بعد از یادداشت شیب و جهت شیب مغزه، با کمک ماژیک ضد آب بر روی سنگی که مغزه در آن حفاری شده است (در کنار لوله مسی و در راستای جهت شیب، علامت‌گذاری کرده سپس بعد از برداشتن دستگاه ترازباب، این علامت را بر روی مغزه منتقل می‌کنیم به طوری که این محل بر روی بخش بالایی مغزه آزیموت شیب مغزه را نشان دهد. با استفاده از یک فلش این کار را انجام می‌دهیم. در نهایت مغزه را به وسیله پنس آرام از زمین خارج می‌کنیم سپس مغزه را تمیز کرده و با استفاده از نیم لوله پلاستیکی در امتداد آزیموت شیب، بر روی بدنه مغزه، خط هاشورداری ترسیم می‌کنیم به طوری که زاویه حاد هاشورها، مبین سمت پایین مغزه باشد (شکل ۴-۱۶-ب). بر روی هر مغزه شماره ایستگاه نمونه‌برداری نوشته می‌شود. با توجه به تعدد مغزه‌های برداشت شده، در هر ایستگاه، علاوه بر نام هر ایستگاه بر روی هر مغزه از حروف A، B، C جهت نامگذاری و تفکیک آن‌ها از یکدیگر کمک گرفته می‌شوند (شکل ۴-۱۶-ج).

در ضمن مختصات جغرافیایی هر ایستگاه توسط GPS ثبت و ضبط می‌گردد که در نهایت به تهیه نقشه توزیع ایستگاه‌های مغزه‌گیری منجر خواهد شد. ویژگی‌های سنگ‌شناسی در پیرامون هر ایستگاه بدقت مورد مطالعه قرار می‌گیرد و مشاهدات صحرایی مرتبط با ترکیب سنگ‌شناسی، تحولات مربوطه، دگرسانی و دگرشکلی‌های صورت گرفته، به دقت ثبت و ضبط می‌گردد تا در مراحل تعبیر و تفسیر داده‌ها یا پارامترهای مغناطیسی از آن‌ها کمک گرفته شود. این مطالعات صحرایی از جایگاه بسیار بالای و با اهمیتی برخوردار هستند و راه را بر هرگونه تعبیر و تفسیر ناصحیح خواهد بست.



ج



ب



الف

شکل ۴-۱۶- تصاویری از مراحل برداشت مغزه‌های جهت‌دار در صحرا. الف- نحوه‌ی خارج ساختن مغزه از زمین بعد از اندازه‌گیری و مشخص کردن شیب و جهت شیب ب- نحوه‌ی استفاده از نیم لوله‌ی پلاستیکی برای هاشور زدن مغزه. ج- شماره‌گذاری مغزه.

باید دقت شود که از همه واحدهای سنگی موجود در منطقه مغزه گرفته شود. داده‌های GPS باید از حداکثر صحت و دقت در هنگام ثبت موقعیت جغرافیایی، برخوردار باشند. ترجیحاً دقت GPS در حد ۵ متر یا حتی کمتر باشد. مختصات جغرافیایی ثبت شده، جهت تعیین موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری و انتقال این نقاط بر روی نقشه‌ها استفاده می‌شود. باید دقت شود که در صورت امکان فرایند کار مغزه‌برداری از نظم و انضباط خاصی پیروی کند تا بتوان کل توده را به صورت همگن تحت پوشش قرار داد. این امر را در تفسیرها و تجزیه و تحلیل‌های پایانی کمک خواهد کرد.

در هر ۱ تا ۲ کیلومتر مربع از رخنمون توده نفوذی لازم است مغزه‌گیری حداقل در یک ایستگاه انجام شود. زیاد بودن تعداد ایستگاه‌های نمونه‌برداری، به آسان‌تر شدن تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده منجر خواهد شد. برداشت حداقل ۲ مغزه از هر ایستگاه واجب می‌باشد ولی در صورت نیاز برداشت تعداد بیشتری مغزه باعث می‌گردد که از لحاظ آماری به نتایج مطمئن‌تری دست پیدا کنیم. هنگام مغزه برداری باید دقت شود در این موارد ممکن است رخنمون‌های سنگ‌شناسی متعددی در یک ایستگاه مشاهده شود که لازم است از هر رخنمون سنگی یک یا دو مغزه برداشت شود. همچنین از آنکلاوها و میگماتیت‌ها و دایک‌های مختلف نیز مغزه برداشته شده است. بعداً نشان خواهیم داد که نتایج جالب توجهی از بررسی آن‌ها به دست آمده است.

نمونه‌برداری این تحقیق در طی ۳ مرحله زمانی، از مهر ۸۹ تا خرداد ۹۰ انجام گرفت. پس از عملیات نمونه‌برداری، تعداد ۳۲۵ مغزه جهت دار بدست آمد. این مغزه‌ها به کارگاه برش سنگ دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود انتقال یافت. سپس هر مغزه به ۳ الی ۵ قطعه ۲۲ میلی‌متری برش داده شد. برش مغزه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است به این خاطر که، ترتیب قرارگیری قطعات برش یافته هر مغزه نباید تغییر کند، هر مغزه برش یافته از سمت بالا به پایین مغزه با شماره‌های ۱، ۲، ۳ و ... مشخص می‌شود، مثلاً هر قطعه مغزه ایستگاه ۵۶ به اسامی SF-56A-1، SF-56A-2 و ... تغییر نام می‌یابد که بعد از برش، بر روی هر نمونه، با مائیک ضدآب شماره مخصوص به هر قطعه یادداشت می‌شود و فلش نشان دهنده جهت شیب (Dip Direction) مغزه و خط هاشوردار بر روی قطعات دوباره رسم می‌گردد. در حین حفاری و بعد از حفاری ممکن است ذرات آهن‌دار و ناخالصی‌هایی که بر روی بدنه مغزه افزوده شده باشد که موجب بروز خطا در طی اندازه‌گیری خواهد شد. جهت از بین بردن اثر نامطلوب این ذرات، نمونه‌ها توسط اسید کلریدریک ۱۰٪ نرمال، شستشو داده می‌شوند. به ازای هر لیتر آب حدود ۴cc (۴ سانتی‌متر مکعب) اسید کلریدریک ۱ نرمال به آب اضافه می‌شود و سپس به مدت ۲ ساعت نمونه‌ها در آب حاوی اسید قرارگیری می‌گیرند. ذرات آهن‌دار در محلول به صورت کلرید آهن حل می‌شوند و پس از شستشو از محیط خارج می‌شوند. در طی اسیدشویی باید دقت شود که شماره نمونه‌ها پاک نگردد. پس از گذشت ۲ ساعت، نمونه‌ها با آب خالص شسته می‌شوند و به کمک برس پلاستیکی یا مسواک تمیز می‌گردند. بعد از اینکه نمونه‌ها خشک شدند، برای اندازه‌گیری با دستگاه مغناطیس سنج مهیا می‌باشند.

#### ۴-۶- خطاها

انجام هر کار علمی، بدون بروز خطا تقریباً وجود ندارد. این خطاها ممکن است حین کار صحرایی یا در هنگام کارهای آزمایشگاهی رخ دهند. با اطلاع داشتن نسبت به آن‌ها، می‌توان خطاها را به حداقل ممکن رساند. برخی از این خطاها عبارتند از:

- قرائت نادرست شیب و جهت شیب توسط کمپاس (که ممکن است در صورت اشتباه فرد یا تأثیر مواد مغناطیسی نزدیک کمپاس ایجاد شود)
- اشتباه در نوشتن مقادیر شیب و جهت شیب، شماره نمونه یا ایستگاه و موقعیت جغرافیایی در دفتر یادداشت صحرائی (در هنگام کار صحرائی به ویژه در هنگام بروز مشکلات یا بدی آب و هوا).
- رسم نادرست و یا مبهم فلش نشان‌دهنده جهت شیب بر روی مغزه.
- نوشتن اطلاعات یک مغزه برای مغزه دیگر.
- ترسیم نادرست خطوط معرف جهت شیب بر روی بدنه مغزه.
- جابجا شدن مغزه از جای اولیه خود در درون زمین قبل از برداشت شیب و جهت شیب.
- رسم اشتباه خط هاشورخوردۀ مبین سمت پایین مغزه.
- ثبت نام یک نمونه بر روی مغزه دیگر، مبهم بودن و پاک شدن نوشته‌های روی مغزه.
- جابه‌جا شدن ترتیب قرارگیری قطعات حاصل از برش یک مغزه.
- پاک شدن شماره نمونه‌ها توسط اسید و ...

#### ۴-۷- روش کار یا روش اندازه‌گیری خودپذیری مغناطیسی

این پژوهش بر مبنای داده‌های به دست آمده از روش خودپذیری مغناطیسی نمونه‌های مورد مطالعه می‌باشد که توسط دستگاه حساسیت‌سنج مغناطیسی مدل MFK1-FA (Multi Functions Kappabridge -FA) در آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود اندازه‌گیری شده است. این دستگاه برای میدان مغناطیسی برابر ۲۰۰ میلی تسلا (T) و تا شدت جریان ثابتی در حین اندازه‌گیری تنظیم شده است. خودپذیری مغناطیسی نمونه‌ها تا دقت  $10^{-8}$  SI توسط دستگاه اندازه‌گیری می‌شود. دستگاه MFK1-FA دارای ویژگی‌هایی چون حساسیت زیاد، دقت بالا، کنترل کامل با کامپیوتر، سهولت کار در محیط ویندوز، میانگین‌گیری خودکار، کارکرد آسان، اندازه‌گیری سریع انیزوتروپی مغناطیسی، هشدار هوشمند دستگاه در صورت بروز مشکل و صفر کردن (Zeroing) در طول

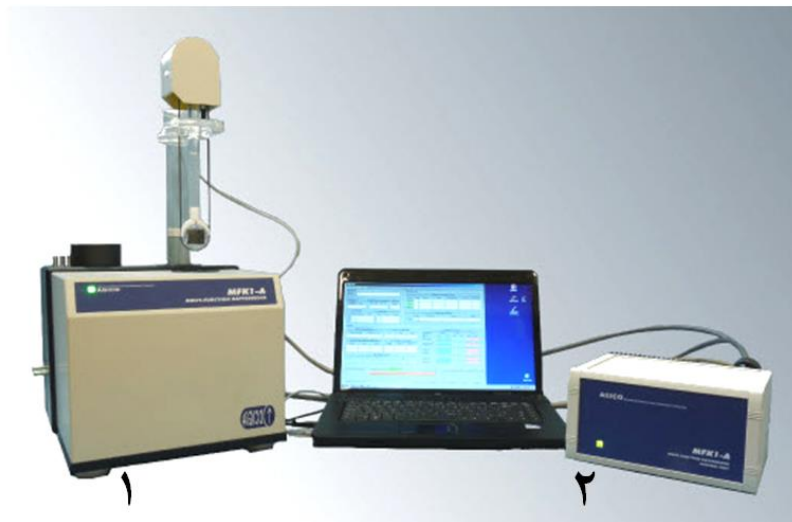
اندازه‌گیری به طور خودکار و چرخش آرام نمونه می‌باشد. این دستگاه جهت اندازه‌گیری خودپذیری مغناطیسی نمونه‌های سنگی و خاکی طراحی شده که با داشتن این ویژگی‌ها، از بهترین و کارآمدترین دستگاه‌هایی است که تاکنون به این منظور ساخته شده‌اند.

این دستگاه تا چند ماه گذشته از سه قسمت ریز پردازشگر (Microprocessor)، واحد پردازش داده {Data Processing Unit- (DPU)} و بخش اندازه‌گیری کننده Kappabridge تشکیل شده بود و تحت برنامه Dos کار می‌کرد. اما خوشبختانه اکنون این دستگاه با برنامه نرم‌افزاری طراحی شده برای آن، توانایی کار در محیط Windows را دارد. این امر باعث افزایش سرعت کار و سهولت استفاده از دستگاه شده است. در واقع بخش واحد پردازش داده (Data Processing Unit-DPU) حذف گردیده است و به جای آن کامپیوتر PC (شخصی) این کار را انجام می‌دهد.

تمامی عملکردهای دستگاه توسط ریز پردازشگر کنترل می‌شود. ریز پردازشگر به دستگاه اندازه‌گیری کننده متصل می‌شود. سیگنال‌های خروجی از بخش اندازه‌گیری به کمک ریز پردازشگر تفسیر شده و به صورت عدد و رقم بر روی صفحه کامپیوتر نمایش داده می‌شود و یا به صورت فایل Ran ذخیره می‌شود. روش کار در این دستگاه به این صورت است که اندازه‌گیری به صورت چرخشی انجام می‌گیرد. نمونه در درون محفظه اندازه‌گیری قرار داده می‌شود و حول ۳ محور (X, Y, Z) می‌چرخد. محور چرخش دستگاه ثابت است پس باید محوره‌های X, Y, Z نمونه‌ها، در راستای محور چرخش دستگاه کاپابریج قرار گیرد. همچنین خودپذیری مغناطیسی کل نمونه، حول محور Z در حالت ثابت و بدون چرخش اندازه‌گیری می‌شود.

دستگاه MFK1-FA در هنگام اندازه‌گیری قابلیت حذف پس زمینه مغناطیسی (Background) محیط آزمایشگاه را دارد. دستگاه تغییرات خودپذیری مغناطیسی را در سطوح عمود بر محور چرخش اندازه‌گیری می‌کند. نرم افزار Safyre4w که بر روی Windows نصب شده است، عملکرد دستگاه را کنترل می‌کند با استفاده از امکانات این نرم‌افزار می‌توان نحوه عملکرد دستگاه را کنترل کرد و

دستورات هر مرحله را به دستگاه منتقل کرد. تصویری از این دستگاه در شکل ۴-۱۷ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۷- تصویری از دستگاه MFK1-FA و متعلقات آن. دستگاه شامل دو قسمت (۱): بخش اندازه‌گیری کننده Kappabridge. (۲): ریز پردازشگر (Microprocessor) می‌باشد. از کامپیوتر شخصی جهت کنترل و نمایش داده‌ها استفاده می‌شود.

برخی از دستگاه‌ها می‌توانند بر روی دستگاه حساسیت‌سنج مغناطیسی اثر نامطلوب داشته باشد و موجب بروز خطا در نتایج خروجی از دستگاه شوند. از این رو باید در انتخاب مکان مناسب جهت قرار دادن دستگاه دقت نمود. نوسانات برق ریزپردازشگر بر روی میدان مغناطیسی تأثیر نامطلوب دارد پس در صورت امکان ریزپردازشگر نباید به دستگاه کاپابریج نزدیک باشد. همچنین دستگاه باید از منابع الکتریکی متغیر نظیر لامپ برق، سیم‌های جریان برق، منابع گرمایی نظیر بخاری و شوفاژ و حرارت مستقیم و نور خورشید دور نگهداری شود. موقعیت دستگاه باید ثابت باشد و از جابه‌جایی آن باید تا حد امکان خودداری شود. تغییرات دمایی در محفظه اندازه‌گیری و شرایط آب و هوایی نیز می‌تواند به بروز خطا منجر شود. لذا دمای آزمایشگاه نیز باید در حد مطلوب (۲۵ درجه سانتی‌گراد) ثابت نگه داشته شود. جریان هوا به دلیل باز بودن درب‌ها و پنجره‌های آزمایشگاه می‌تواند تأثیرگذار باشد پس در هنگام اندازه‌گیری کردن باید از بسته بودن در و پنجره اطمینان حاصل کرد.

برخی وسایل معمولی همراه با افراد نیز موجب بروز خطا می‌گردند لذا باید قبل از استفاده از دستگاه موبایل، دسته کلید، ساعت، طلا و زیورآلات فلزی را از خود دور نمود.

#### ۴-۸- اصول کار با دستگاه

بعد از اتصال کابل‌ها به محل اصلی خود و کنترل شرایط دستگاه، دستگاه را روشن می‌کنیم. دستگاه به کمک نرم‌افزار یا برنامه‌ای به نام Safyr4w، که به تازگی از طرف سازندگان دستگاه ارائه شده است، کنترل می‌شود و کار اندازه‌گیری به کمک آن انجام می‌شود (شکل ۴-۱۸).

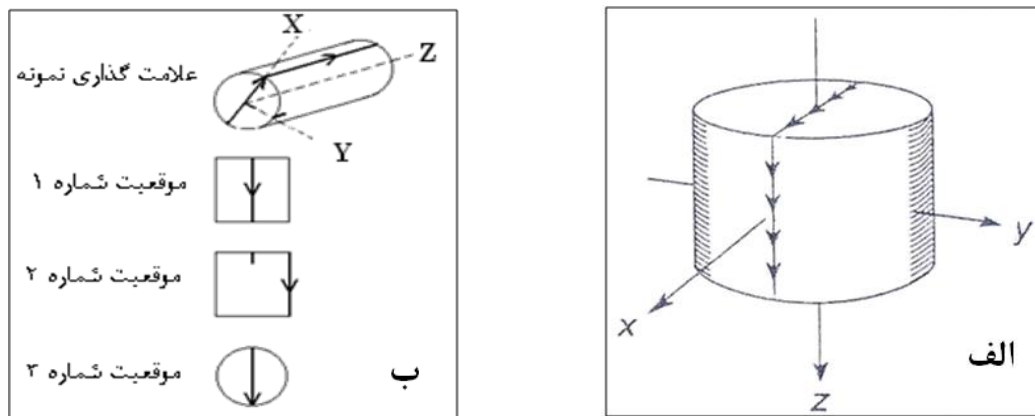


شکل ۴-۱۸- تصویری از نرم‌افزار Safyr 4w در ابتدای کار آن.

#### ۴-۸-۱- اندازه‌گیری AMS با روش نمونه چرخشی

اندازه‌گیری AMS در دستگاه MFK1-FA بر مبنای روش نمونه چرخشی انجام می‌گیرد (شکل ۴-۱۹). در این روش نمونه در محفظه نگهدارنده در جهت ۳ محور عمود بر هم قرار داده می‌شود (شکل ۴-۲۰-الف) و دستگاه، خودپذیری مغناطیسی نمونه را در ۴ حالت اندازه‌گیری می‌کند به صورت که نمونه به صورت موازی محورهای X، Y و Z در محفظه نگهدارنده به طور ثابت قرار می‌گیرد سپس با کنترل دستگاه، محفظه نگهدارنده حول این ۳ محور چرخش می‌کند و اختلاف خودپذیری مغناطیسی نمونه را در راستای این سه محور اندازه‌گیری می‌کند. در حالت چهارم نمونه در حالت ثابت در دستگاه

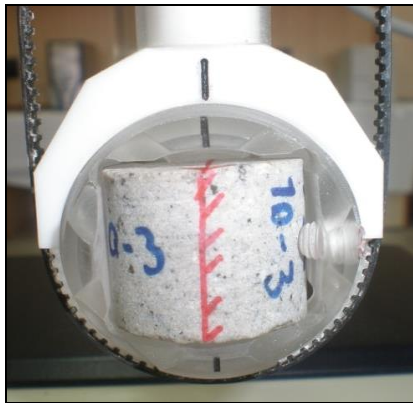
قرار می‌گیرد و دستگاه یک بار هم ، حول محور Z و بدون چرخش محفظه نگهدارنده خودپذیری مغناطیسی میانگین کل را اندازه‌گیری می‌کند (شکل ۴- ۲۰).



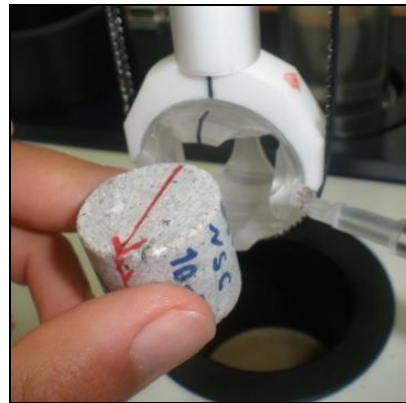
شکل ۴- ۱۹- نمایش شماتیک موقعیت‌های محورهای X, Y و Z در یک قطعه مغزه (الف) و نحوه قراردعی نمونه در محفظه نگهدارنده (ب) .

دستگاه MFK1-FA تقریباً قادر است در هر ۶ درجه، مقدار خودپذیری مغناطیسی نمونه را یکبار اندازه‌گیری کند و در هر بار وارد شدن نمونه، ۶۴ بار اندازه‌گیری انجام می‌گیرد به عبارتی در ۳ جهت X, Y و Z تعداد ۱۹۲ اندازه‌گیری انجام می‌شود. بعد از اتمام اندازه‌گیری، داده‌های حاصل از هر اندازه‌گیری به صورت پارامترهای خاصی که برای دستگاه سنجش خودپذیری تعریف شده است نمایش داده می‌شود یا در فایل ذخیره خواهد شد.





ب



الف



د



ج

شکل ۴-۲۰- الف و ب نحوه قرارگیری نمونه حول محور X. ج- نحوه قرارگیری نمونه حول محور Y ، د- نحوه قرارگیری نمونه حول محور Z

جهت کنترل دستگاه از نرم افزار Safyre4W استفاده می شود که توسط شرکت آجیکو طراحی شده است. این نرم افزار هم اینک تحت برنامه ویندوز بوده که به راحتی و با سهولت می تواند عملکرد دستگاه را کنترل کند و دستورات هر مرحله را به دستگاه منتقل کند. پس از کنترل شرایط لازم توسط دستگاه، ابتدا صفحه اصلی اندازه گیری باز می شود. با کلیک بر دکمه Initialize پنجره Instrument Initialize باز شده و نرم افزار شروع به پردازش اطلاعات می کند در ادامه دستگاه یک فرایند زمانی ۱۰ دقیقه ای را طی می کند. بعد از سپری شدن این زمان، دستگاه آماده اندازه گیری نمونه می باشد. با کلیک بر دکمه New specimen ابتدا پنجره کالیبره کردن دستگاه باز می شود، این پیام فقط هنگام اولین اندازه گیری ظاهر می شود و در مراحل بعدی و تا هنگامی که دستگاه روشن است ظاهر نمی گردد. در صورت کالیبره بودن دستگاه بر روی دکمه No کلیک می کنیم. بعد پنجره

New specimen باز می‌گردد در قسمت Name نام نمونه و در قسمت Azimuth و Plunge جهت شیب و شیب نمونه در صحرا وارد می‌شود. نمونه در محفظه نگهدارنده و در امتداد محور X قرار داده می‌شود و با کلیک بر دکمه Axis 1 اندازه‌گیری در حول محور X آغاز می‌گردد. در پایان اندازه‌گیری پارامترهای خاصی ارائه می‌گردد. سپس نمونه را در جهت Y قرار داده و بر دکمه Axis 2 کلیک می‌کنیم اندازه‌گیری خودپذیری مغناطیسی نمونه در حول این محور نیز انجام شده و پارامترهای خاص آن نیز ظاهر می‌شود. این اندازه‌گیری بار دیگر در جهت محور Z با کلیک بر روی دکمه Axis 3 انجام می‌گیرد. در حالت چهارم دکمه Total susc فعال می‌باشد و خودپذیری مغناطیسی کل نمونه حول محور Z اندازه‌گیری می‌شود. در نهایت با کلیک بر دکمه Save اطلاعات خروجی این اندازه‌گیری را می‌توان ذخیره نمود. فایل اطلاعاتی به دست آمده دارای پسوند Ran می‌باشد و صرفاً با برنامه Anisoft قابل تبدیل و تفسیر می‌باشد. مراحل مختلف کار با این نرم‌افزار در شکل ۱ پیوست ۱ نشان داده شده است.

#### ۴-۹- پارامترهای جهت‌یابی O.P<sup>۱</sup>

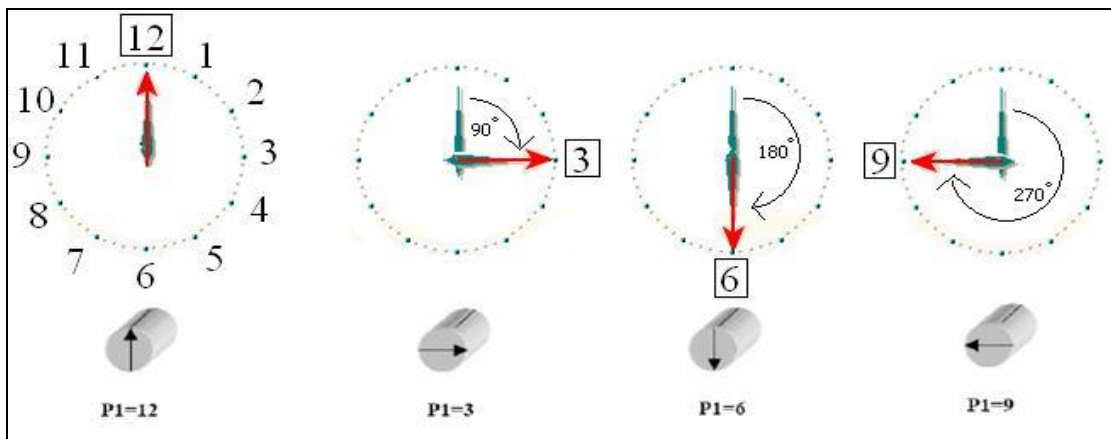
اصول کار روش AMS بر مبنای اندازه‌گیری نمونه‌هایی هستند که در صحرا کاملاً جهت‌دار برداشت گردیده‌اند. از این رو باید نحوه جهت‌یابی نمونه‌ها برای دستگاه تعریف شده باشد تا نرم‌افزار بتواند داده‌های قابل اطمینانی ارائه دهد. برای تعریف این موضوع به دستگاه، پارامترهای خاصی از طرف شرکت‌های سازنده دستگاه‌های اندازه‌گیری کننده پارامترهای مغناطیسی تعیین شده است، این پارامترها مشخصات نمونه را با پارامترهای جهت‌یابی از پیش تعیین شده آن‌ها انطباق می‌دهند. با توجه به نوع تحقیق یا روش کار، از پارامترهای متناسب با آن روش استفاده می‌شود. داده‌ها به واسطه این نرم‌افزار و پارامترهای جهت‌یابی تعیین شده، سیستم مختصات نمونه را به سیستم مختصاتی

---

1\_ Orientation Parameters

جغرافیایی، جغرافیای دیرینه و تکتونیکی تغییر می‌دهد، وضعیت قرارگیری این پارامترها مشابه عقربه‌های ساعت می‌باشد.

پارامتر P1: خط هاشورزده ترسیم شده بر روی بدنه مغزه به عنوان ساعت ۱۲ فرض می‌شود. فلش ترسیم شده بر روی سطح بالایی مغزه، معرف جهت شیب می‌باشد و مشابه عقربه ساعت است (شکل ۴-۲۱).



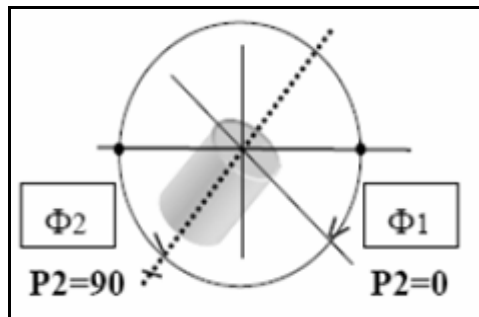
شکل ۴-۲۱- این شکل وضعیت قرارگیری پارامترهای P1 در حالت‌های مختلف را نشان می‌دهد (کادیما، عضو شرکت آجیکو).

در وضعیتی که فلش P1 برابر 12 باشد جهت شیب و خط هاشوردار روی بدنه مغزه در یک امتداد قرار می‌گیرند. اگر فلش P1 برابر شماره 3 باشد جهت شیب نسبت به خط هاشوردار روی بدنه مغزه، در جهت عقربه‌های ساعت، زاویه ۹۰ درجه دارد. یعنی عقربه ساعت ۳ را نشان می‌دهد. قرارگیری فلش P1 در برابر عدد 6 معرف آن است که بین شیب و خط هاشوردار روی بدنه مغزه، در جهت عقربه‌های ساعت، زاویه ۱۸۰ درجه وجود دارد. یعنی کاملاً در جهت مخالف یکدیگر قرار دارند. فلش P1 اگر برابر 9 باشد بیانگر این است که بین جهت شیب نسبت به خط هاشوردار واقع بر روی بدنه مغزه، در جهت عقربه‌های ساعت زاویه ۲۷۰ درجه وجود دارد. P1=9 با موقعیت عقربه ساعت ۹ شباهت دارد. با توجه به نمونه‌برداری انجام گرفته در این پایان‌نامه از پارامتر P1=12 استفاده شد که آن را به صورتاً پیش فرض قبل از کار با دستگاه به آن معرفی می‌شود.

پارامتر P2: مقدار این پارامتر 0 یا 90 خواهد بود. مقدار P2 در صورتی که برابر 90 باشد یعنی شیب نسبت به افق و در امتداد آزیموت شیب اندازه‌گیری شده است که برابر  $\Phi_2$  می‌باشد (شکل ۴-۲۲). اگر  $P_2=0$  باشد آنگاه زاویه بین سطح افق و امتداد صفحه‌ای که بر مغزه مماس می‌شود اندازه‌گیری شده است. این زاویه مکمل مقدار شیب می‌باشد.

پارامتر P3: این پارامتر جهت اندازه‌گیری شده در صحرا را نشان می‌دهد و به عنوان یک مقدار ساعت‌گرد در نظر گرفته می‌شود این پارامتر متناسب با جهت فلش ترسیم شده در قسمت بالای مغزه می‌باشد. مقدار P3 در این تحقیق برابر ۱۲ در نظر گرفته شده است.

پارامتر P4: برای این پارامتر مقدار 0 یا 90 در نظر گرفته می‌شود. مقدار صفر جهت شیب یا آزیموت شیب را نشان می‌دهد و معرف شیب برگوارگی مزوسکوپی اندازه‌گیری شده است. نشان دهنده امتداد و شیب اندازه‌گیری شده است.

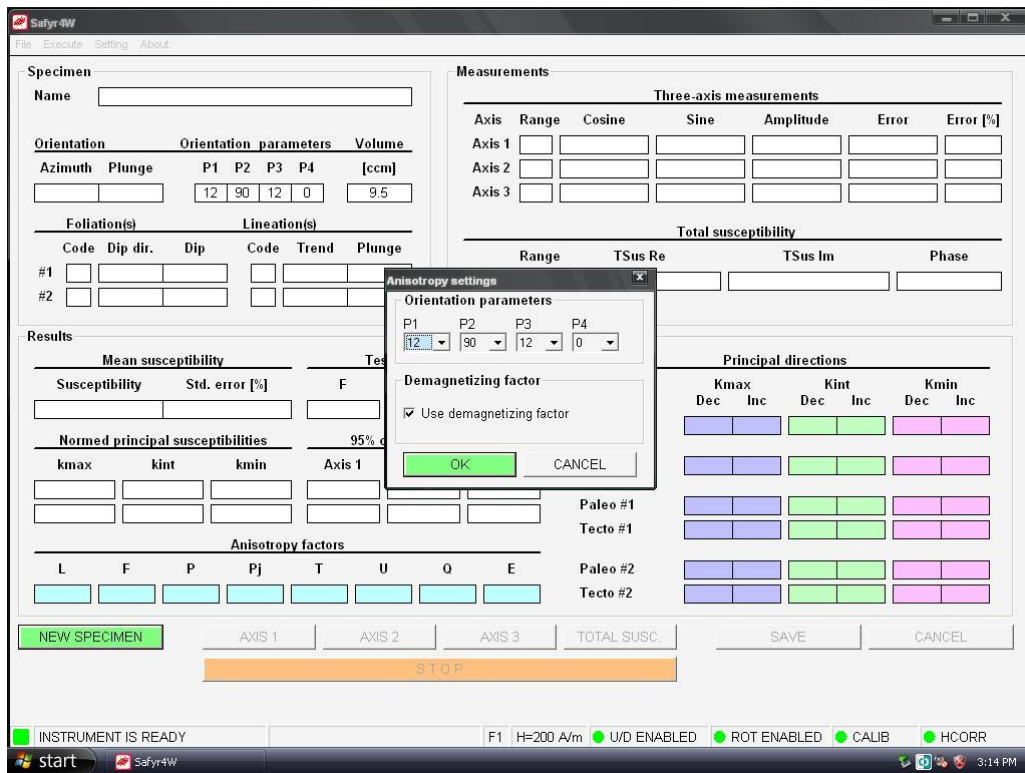


شکل ۴-۲۲- چگونگی تعریف پارامتر P2 را نشان می‌دهد.

پارامترهایی جهت‌یابی برای دستگاه کاپابریج مدل MFK1-FA آزمایشگاه دانشگاه صنعتی شاهرود به صورت زیر تعریف شده است:

- P1=12
- P2=90
- P3=12
- P4=0

جهت وارد کردن پارامترهای نرم‌افزار یا تغییر آن‌ها، از گزینه setting دستور Anisotropy settings استفاده می‌شود. در قسمت Orientation parameter می‌توان پارامترهای مورد نظر را به دستگاه معرفی کرد (شکل ۴-۲۳).



شکل ۴-۲۳- تغییر و تنظیم پارامترهای دستگاه به وسیله نرم‌افزار Safyr4w.

#### ۴-۱۰- کالیبراسیون دستگاه

اگر کاربر برای اولین بار قصد کار کردن با دستگاه حساسیت‌سنج مغناطیسی را داشته باشد نرم‌افزار Safyr4w طوری طراحی شده که قبل از انجام هر کاری از کاربر جهت کالیبره کردن دستگاه سؤال می‌کند که دستگاه کالیبره شود یا نه؟، البته بهتر است دستگاه قبل از اندازه‌گیری کالیبره شود. جهت انجام این کار و برای اطمینان حاصل کردن از کارکرد دستگاه MFK1-FA شرکت آجیکو یک نمونه استاندارد ارائه کرده است که نمونه کالیبراسیون استاندارد به همراه دستگاه به استفاده کنندگان عرضه می‌شود، این نمونه کالیبراسیون استاندارد، یک استوانه پلاستیکی است که در درون آن یک جسم

دارای حساسیت مغناطیسی معین، جای داده شده است و به صورت استوانه‌ای شکل و نقره‌ای رنگ می‌باشد که در راستای ارتفاع استوانه قرار دارد. برای کالیبراسیون نیز باید حتماً نمونه استاندارد در حالت قائم در محل محفظه نگهدارنده نمونه قرار گیرد. در دو سر نمونه استاندارد دو عدد مختلف نوشته شده است (شکل ۴-۲۴). در پژوهش صورت گرفته و مطابق با سفارش کارشناس رسمی نصب و راه‌اندازی دستگاه MFK1-FA عدد  $141/9 \times 10^{-3}$  ( $141/9 \mu\text{SI}$ ) مبنای بررسی کنترل صحت و کارکرد دستگاه می‌باشد و باید در هنگام کالیبراسیون این عدد به دستگاه داده می‌شود. بخش بالایی نمونه استاندارد یا نمونه کالیبراسیون را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲۴- تصاویری از نمونه استاندارد جهت کالیبراسیون دستگاه. این تصاویر بخش بالایی، پایینی و نمونه استاندارد یا نمونه کالیبراسیون را نشان می‌دهد.

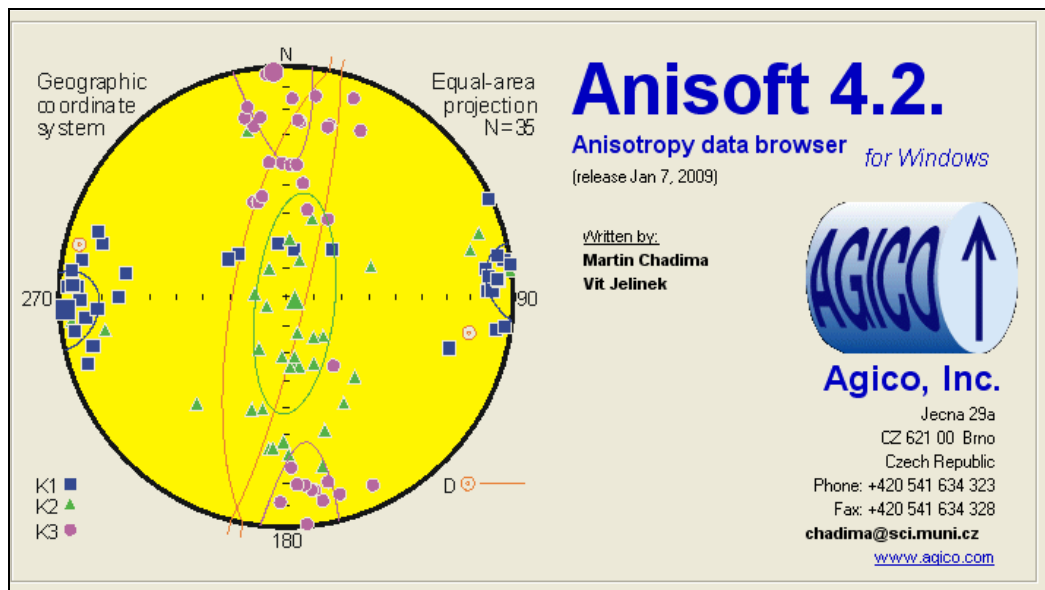
داده‌های خروجی بعد از اتمام اندازه‌گیری به صورت فایل Ran و Asc قابل ذخیره شدن می‌باشد. داده‌های دارای پسوند اولیه Ran توسط نرم افزار Anisoft 4.2 قابل خواندن می‌باشد و قابلیت تبدیل به فایل با فرمت txt را دارد. با این تغییر در فرمت، فایل با فرمت txt می‌تواند به فرمت‌های قابل قرائت جهت کار در نرم‌افزارهایی مانند برنامه‌های Excel یا Word تبدیل شود.

پردازش داده‌های AMS حاصل از اندازه‌گیری در محیط نرم‌افزار Anisoft 4.2 انجام می‌شود (شکل‌های ۴-۲۵ و ۴-۲۶). این برنامه در سال ۲۰۰۸ به وسیله کادینا و یلینک<sup>۱</sup> طراحی و ارائه شده است. در محیط این نرم‌افزار می‌توان داده‌های خام را به استریوگرام و نمودار تبدیل کرد. در انجام این

تحقیق از نرم افزارهای StereoWin1.2، Tectonic fp3.2، Dips و ... نیز جهت تحلیل‌های بیشتر استفاده شده است.

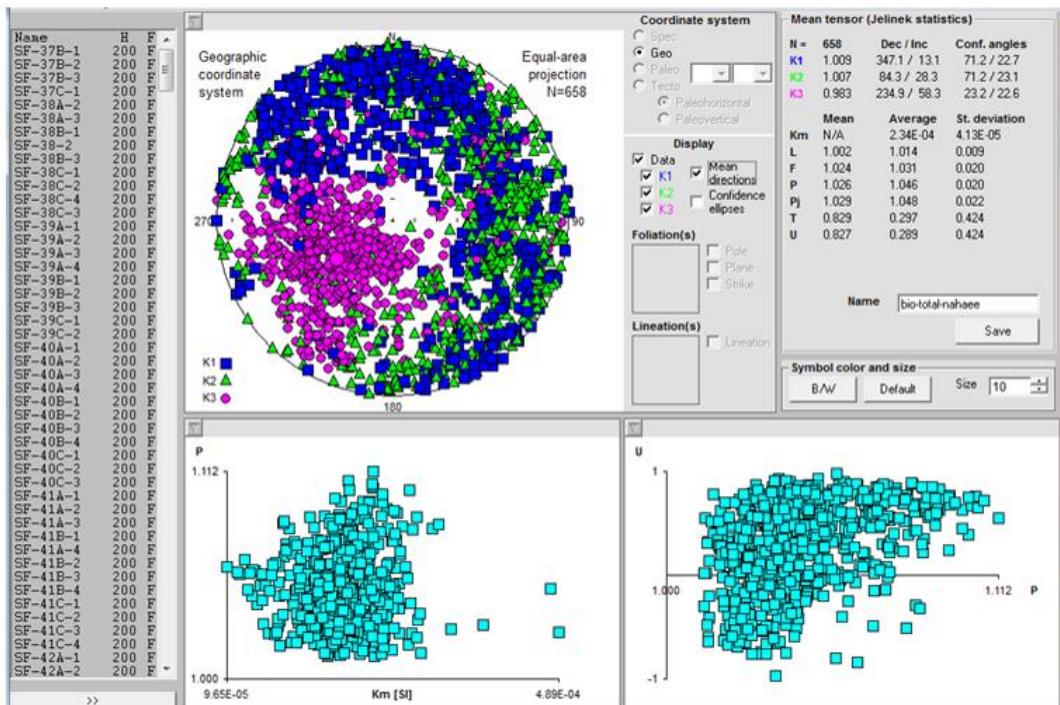
با توجه به استریوگرام می‌توان به سرعت میزان همگنی یا پراکندگی و همچنین صحت نتیجه‌گیری‌های اندازه‌گیری‌های انجام شده را تعیین کرد. در استریوگرام‌ها، داده‌ها به صورت مختصات سه محوره  $K_1$ ،  $K_2$  و  $K_3$  و با نماد مربع، مثلث و دایره نشان داده می‌شود. بعد از پردازش داده‌های خام خروجی از دستگاه، در نرم‌افزارهای عنوان شده می‌توان جداول آماری مورد نیاز جهت کارهای بعدی را بدست آورد.

در جدول داده‌های به دست آمده، مقادیر  $K_m^1$ ،  $K_{1inc}^2$ ،  $K_{1dec}^2$ ،  $K_{2inc}$ ،  $K_{2dec}$ ،  $K_{3inc}$ ،  $K_{3dec}$  نشان داده می‌شود که اساس همه تعبیر و تفسیرها در مطالعات فابریک مغناطیسی می‌باشند.



شکل ۴-۲۵- تصویری از نرم افزار Anisoft 4.2 ابتدای شروع.

- 1-  $K_m$ = mean of magnetic susceptibility
- 2- Dec= declination
- 3 -Inc= inclination



شکل ۴-۲۶- نحوه نمایش داده‌ها در نرم افزار Anisoft 4.2

#### ۴-۱۱- پارامترهای مغناطیسی

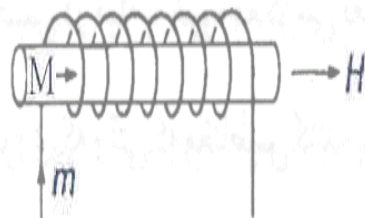
دستگاه اندازه‌گیری خودپذیری مغناطیسی طوری طراحی شده است که نمونه حین اندازه‌گیری در داخل محفظه وارد می‌گردد که حاوی سیم‌پیچ دارای جریان الکتریسیته می‌باشد. نمونه شروع به چرخش می‌کند و یک میدان مغناطیسی القایی با شدت مغناطیس معین H بر آن اعمال می‌شود (شدت میدان مغناطیسی دارای واحد آمپر بر متر A/M می‌باشد) (شکل ۴-۲۷). در این حالت بردارهای مغناطیسی اجزاء سازنده نمونه، با توجه به شدت مغناطیس القا شده در یک راستا آرایش می‌یابند. از این رو در نمونه‌ها، مغناطیس‌شدگی (M) (با واحد آمپر بر متر A/M) ایجاد می‌شود.

$$M = H \times K \Rightarrow K = \frac{M}{H}$$

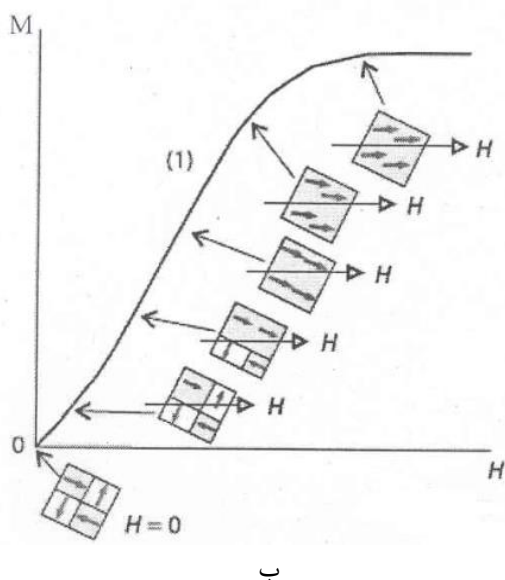
ضریب خودپذیری مغناطیسی (K) از رابطه M/H می‌باشد. K بدون بعد است و به نوع ماده بستگی دارد (شکل ۴-۲۸ الف و ب).



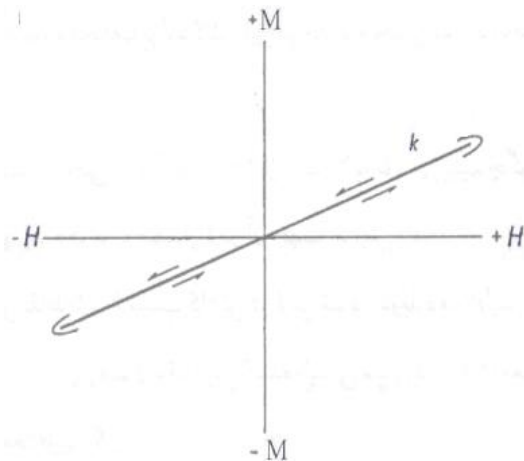
پارامتر  $K$  در یک فضای سه بعدی به صورت یک بیضوی تجسم می‌شود، که محورهای اصلی آن به صورت  $K_1$ ،  $K_2$  و  $K_3$  تعریف می‌شوند (سیگموند و همکاران<sup>۱</sup>، ۱۹۹۵). سه محور این بیضوی به صورت  $K_{max}$  معرف بزرگترین محور بیضوی،  $K_{int}$  مبین محور متوسط بیضوی و  $K_{min}$  معرف محور کوچک بیضوی می‌باشد.  $K_{max}$  با عنوان خطوارگی (Lineation) مغناطیسی و  $K_{min}$  به عنوان قطب برگوارگی (Foliation) مغناطیسی شناخته می‌شود (بوشه و همکاران، ۱۹۹۷). بر روی صفحه برگوارگی مغناطیسی دو محور  $K_{max}$  و  $K_{int}$  قرار می‌گیرند. مقدار  $K_{int}$  در محدوده بین  $K_{min}$  و  $K_{max}$  تغییر می‌کند (شکل ۴-۲۹).



شکل ۴-۲۷- این شکل تصویر سیم پیچ حامل جریان و ایجاد میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.

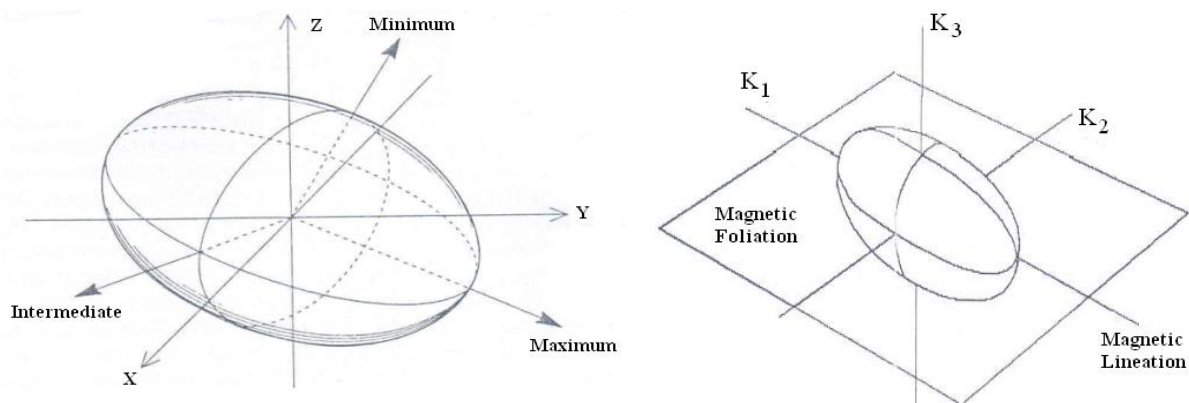


ب



الف

شکل ۴-۲۸ نمودارهای  $M$  در مقابل  $H$ ، جهت معرفی مفهوم  $K$  یا خودپذیری مغناطیسی.

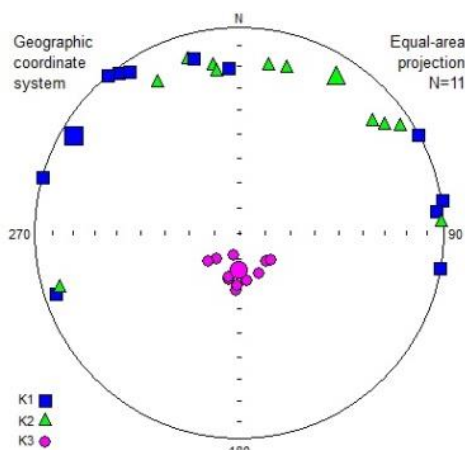


شکل ۴-۲۹- در این اشکال، مفهوم بیضوی مغناطیسی و سه محور  $K_1$ ،  $K_2$  و  $K_3$  به تصویر کشیده شده است.

وضعیت جهت‌یابی  $K$  در هر ایستگاه بر روی هر استریونت با نشانه خاصی نشان داده می‌شود. به طور

قراردادی موقعیت  $K_{max}$  یا  $K_1$  با علامت  $\blacksquare$ ،  $K_{int}$  یا  $K_2$  با علامت  $\blacktriangle$  و  $K_{min}$  یا  $K_3$  با علامت  $\bullet$

مشخص می‌گردد (شکل ۴-۳۰).



شکل ۴-۳۰- استریوگرام نشان دهنده موقعیت سه محور  $K_1$ ،  $K_2$  و  $K_3$ .

مقادیر  $K_{max}$  یا  $K_1$ ،  $K_{min}$  یا  $K_3$  و  $K_{int}$  یا  $K_2$  پارامترهای اصلی در تعیین فابریک مغناطیسی

هستند و بر اساس آن‌ها معادلاتی تعریف می‌شود که در تعبیر و تفسیرهای مغناطیسی از آن‌ها

استفاده می‌شود، در ضمن در امتداد محورهای  $K_1$ ،  $K_2$  و  $K_3$  می‌توان مقادیر عددی برای  $K_1$ ،  $K_2$  و

$K_3$  در نظر گرفت.

#### ۴-۱۱-۱- پارامتر خودپذیری مغناطیسی میانگین $K_m$

مهمترین پارامتر در روش فابریک‌های مغناطیسی،  $K$  یا ضریب خودپذیری مغناطیسی است که این پارامتر فاقد بعد می‌باشد، اما در اندازه‌گیری‌ها برای سنجش بزرگی یک مقدار (Value) مبنایی برای آن در نظر گرفته شده که به صورت SI یا  $\mu SI$  نشان داده می‌شود. SI مخفف Standard International می‌باشد. میزان خودپذیری مغناطیسی از میانگین‌گیری بین مقادیر  $K_{max}$  یا  $K_1$ ،  $K_{min}$  یا  $K_3$  و  $K_{int}$  یا  $K_2$  بدست می‌آید. مقدار  $K_m$  با میزان حضور و همچنین درصد فراوانی کانی‌های دارای خواص مغناطیسی رابطه مستقیم دارد.

$$K_m = \left( \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} \right) \text{ مقدار خودپذیری مغناطیسی میانگین}$$

#### ۴-۱۱-۲- انیزوتروپی مغناطیسی (P)

درجه انیزوتروپی مغناطیسی (P) حاصل نسبت بین  $K_1$  و  $K_3$  را به صورت مقادیر عددی بیان و توصیف می‌کند. انیزوتروپی نمونه گفته می‌شود. این درجه، معرف رابطه بین  $K_1$  و  $K_3$  است.

$$P = \left( \frac{K_1}{K_3} \right) \text{ انیزوتروپی مغناطیسی}$$

جهت از بین بردن خطاهای احتمالی مقدار P، مقدار P تصحیح شده یا  $P_j$  (jelinek) تعریف گردیده است. در اندازه‌گیری  $P_j$  هر سه میزان K لحاظ شده است پس بهتر است از مقدار  $P_j$  استفاده گردد.

$$P_j = \exp \left\{ \frac{2}{3} \left[ (\eta_1 - \eta)^2 + (\eta_2 - \eta)^2 + (\eta_3 - \eta)^2 \right] \right\}$$

$$\eta_1 = \ln K_1 \quad \eta_2 = \ln K_2 \quad \eta_3 = \ln K_3 \quad \eta = \sqrt[3]{\eta_1 + \eta_2 + \eta_3}$$

اما سهم کانی‌های دیامغناطیس به طور متوسط  $D \approx -14 \mu SI$  در نظر گرفته می‌شود (بوشه، ۱۹۸۷). در محاسبه درصد انیزوتروپی باید از این مقادیر از  $K_1$  و  $K_3$  کسر گردد. به این ترتیب فرمول انیزوتروپی کل برای گرانیتهای پارامغناطیس بدین صورت محاسبه می‌گردد:

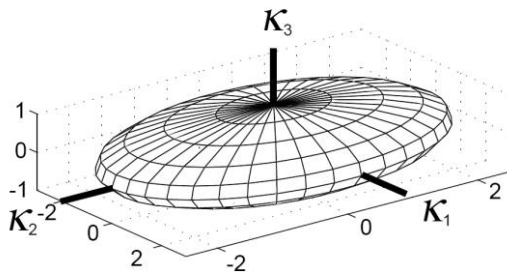
$$P_{para\%} = 100 \times [(K_1 - D) / (K_3 - D) - 1]$$

اگر  $K_1 = K_2 = K_3$  باشد مقدار  $P$  برابر ۱ و فضای مغناطیسی سه بعدی به شکل کره است که این حالت در طبیعت نادر است. واضح است که هرچه اختلاف در بین محورهای  $K_1$  و  $K_3$  بیشتر شود، میزان خودپذیری مغناطیسی و درجات انیزوتروپی نیز افزایش می‌یابد. در کانی‌ها مقدار  $P$ ، مقداری بین ۱ تا ۱/۷ دارد. اما گاهی بزرگتر از ۱۰۰ نیز می‌باشد، مثلاً در هماتیت و پیروتیت (لانزا و ملونی ۲۰۰۶).

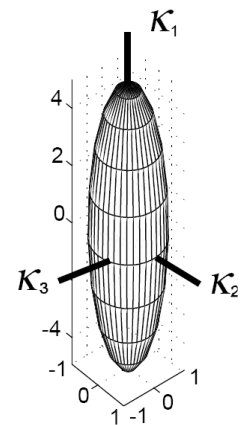
#### ۴-۱۱-۳- پارامتر شکل T

پارامتری که شکل بیضوی مغناطیسی را توصیف می‌کند پارامتر شکل یا  $T$  نام دارد. مقدار این پارامتر در محدوده بین -۱ تا +۱ متغیر است. شکل بیضوی از دوکی شکل تا کلوچه‌ای شکل (بیضوی پهن) تغییر می‌کند. اگر  $T$  بین ۰ تا -۱ باشد بیضوی مغناطیسی دارای شکل دوکی یا سیگاری (Prolate) خواهد بود، در این حالت  $K_1 > K_2 \geq K_3$  می‌باشد. اگر  $T$  در محدوده بین ۰ تا +۱ قرار گیرد شکل بیضوی مغناطیسی حاصل کلوچه‌ای و بشقابی (Oblate) است و  $K_1 \geq K_2 > K_3$  خواهد بود (شکل ۴-۳۱). هنگامی که  $K_1 = K_2 = K_3$  باشد شکل بیضوی مغناطیسی به صورت کره خواهد بود (یلینک، ۱۹۸۱-هرودا، ۱۹۸۲).

$$T (\text{پارامتر شکل}) = \left( \frac{2 \ln(K_2/K_3)}{\ln(K_1/K_3)} \right) - 1$$



ب



الف

شکل ۳-۳۱- الف- بیضوی مغناطیسی دوکی یا سیگاری شکل. ب- بیضوی مغناطیسی کلوچه‌ای یا بشقابی شکل.

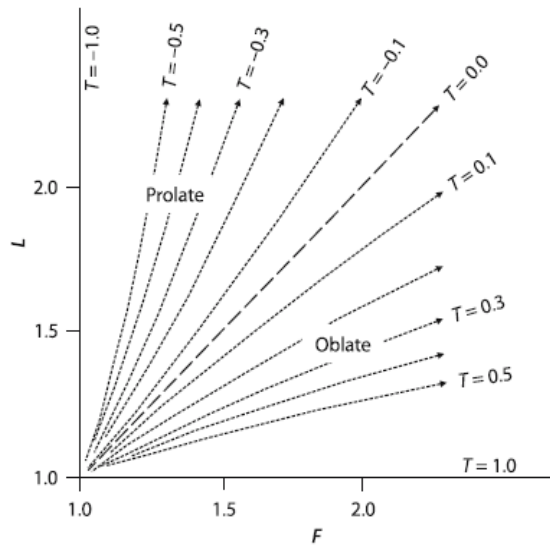
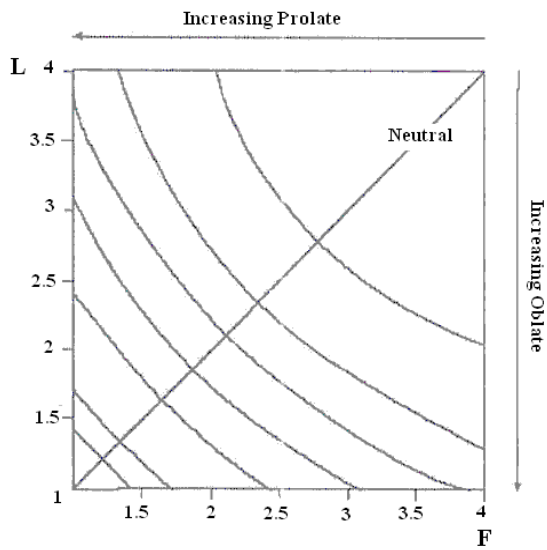
#### ۴-۱۱-۴ پارامتر $L, F$

Lineation یا  $L$  نشان دهنده درجه خطی بودن انیزوتروپی است و مبین میزان خطوارگی مغناطیسی می‌باشد. پارامتر  $L$  حاصل نسبت  $K_1/K_2$  می‌باشد.

Foliation یا  $F$  معرف درجه صفحه‌ای بودن انیزوتروپی است و فولیاسیون یا برگوارگی مغناطیسی را تعریف می‌کند. این پارامتر حاصل نسبت  $K_2/K_3$  است. همانطور که گفته شد این دو پارامتر، حاصل نسبت محورهای اصلی بیضوی مغناطیسی است. لیناسیون یا خطوارگی مغناطیسی را با  $K_1$  نشان می‌دهد. صفحه‌ای که  $K_1$  و  $K_2$  را در برمی‌گیرد برگوارگی مغناطیسی می‌نامند و  $K_3$  بر صفحه برگوارگی مغناطیسی عمود می‌باشد (تارلینگ و هرودا ۱۹۹۳). درجه صفحه‌ای ( $F$ ) و خطی بودن انیزوتروپی ( $L$ ) جهت مشخص کردن پارامتر شکل  $T$  نیز کاربرد دارد (شکل ۴-۳۲).  $T$  با توجه به دو پارامتر  $L$  و  $F$  نیز تعریف می‌شود و تابعی از لیناسیون و فولیاسیون (خطوارگی و برگوارگی) می‌باشد. با افزایش پارامتر  $L$  و  $F$  مقدار  $P$  نیز افزایش می‌یابد (شکل ۴-۳۳).

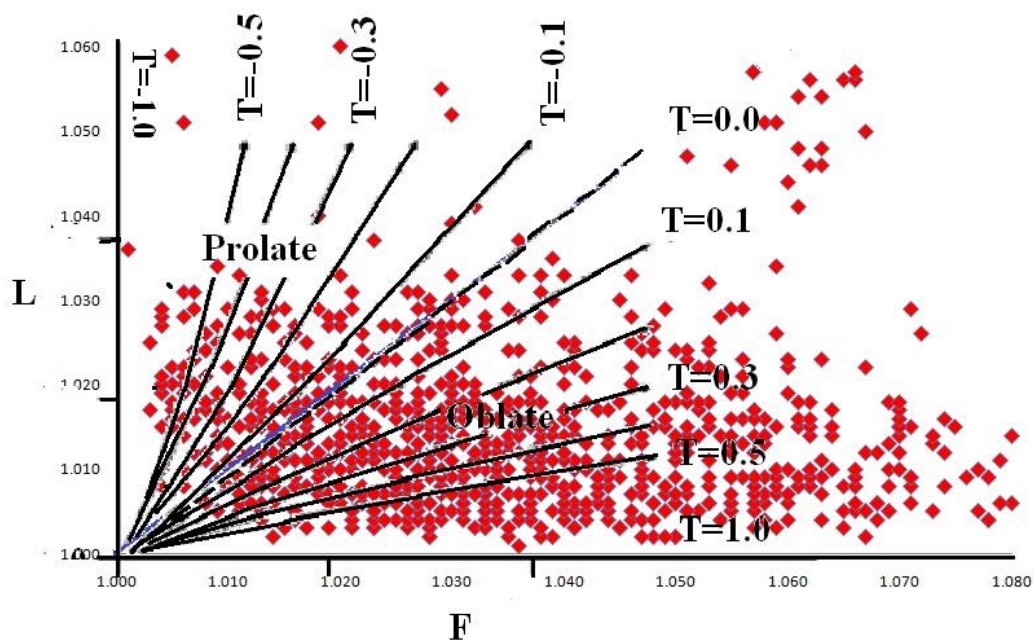
$$T = 2 \ln(k_2/k_3) / \ln(k_1/k_3) - 1 = (\ln F - \ln L) / (\ln F + \ln L)$$

شکل ۴-۳۴ نمودار  $L$  در مقابل  $F$  را با توجه به داده‌های حاصل از اندازه‌گیری نمونه‌های منطقه دره‌باغ نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار استنباط می‌شود که بیشتر نمونه‌های توده گرانیتوئیدی دره‌باغ در محدوده بیضوی مغناطیسی کلوچه‌ای شکل قرار می‌گیرد، همچنین وجود چند نمونه مربوط به ایستگاه ۵۴ در محدوده دارای بیشترین خطوارگی ( $L$ ) حاکی از وجود استرین بالا در این ایستگاه می‌باشد که این امر کاملاً با مطالعات میکروسکوپی تأیید می‌گردد.



شکل ۴-۳۳- نمودار L در مقابل F را نشان می‌دهد که با افزایش L و مقدار F نیز افزایش می‌یابد (بلینک، ۱۹۸۱).

شکل ۴-۳۲- نمودار L در مقابل F حامل نسبت بین L و F برابر T می‌باشد (تارلینگ و هرودا، ۱۹۹۳).



شکل ۴-۳۴- نمودار L در مقابل F در نمونه‌های منطقه دره‌باغ را نشان می‌دهد

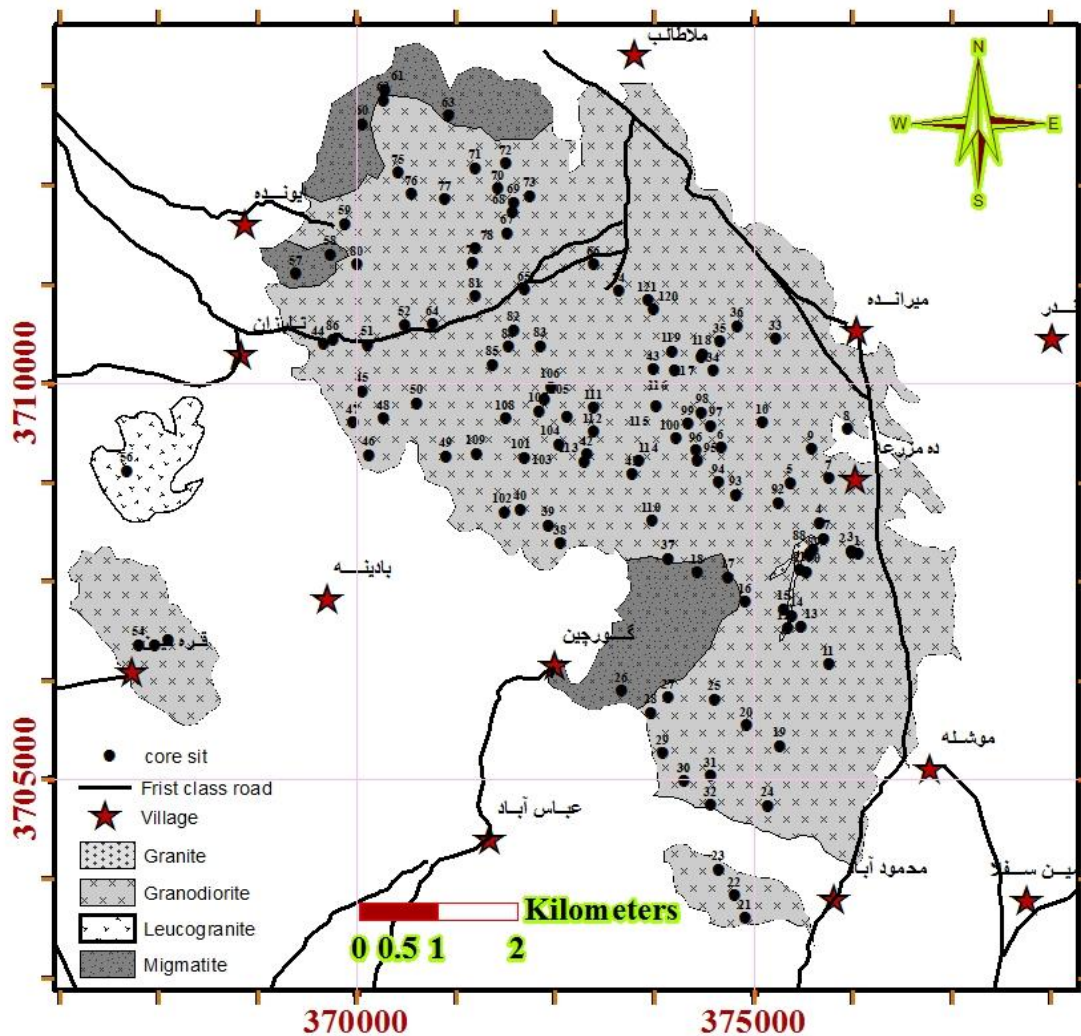
# فصل ۵: تفسیر داده‌های مغناطیسی و نتیجه‌گیری

## ۵-۱- کلیات کار

توده گرانیتوئیدی دره‌باغ با استفاده از روش انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی، مورد مطالعه قرار گرفت. قبل از مطالعات صحرایی، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ : ۱:۱۰۰۰۰۰ (تپله و همکاران ۱۹۶۴) و ۱:۱۰۰۰۰۰ : ۱:۱۰۰۰۰۰ (الیگودرز (سهیلی و همکاران، ۱۳۷۱) تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی کشور مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به وسعت توده گرانیتوئیدی مورد نظر، یک شبکه‌بندی اولیه جهت تعیین ایستگاه‌های مغزه‌برداری طراحی گردید. در تمام مراحل کار صحرایی سعی شد کل منطقه مورد نظر، تحت پوشش برداشت مغزه قرار گیرد و خوشبختانه این امر تقریباً انجام شد. بر اساس بررسی‌ها و مطالعات صحرایی دقیق و با توجه به تصاویر ماهواره‌ای، نقشه زمین‌شناسی توده دره‌باغ به طور دقیق‌تر ترسیم شد و نسبت به نقشه‌های از قبل منتشر شده، اصلاحات جدی در آن صورت گرفت. نقشه اصلاح شده در شکل ۲-۳ نشان داده شده است و در انجام کارهای فابریک مغناطیسی و ترسیم پارامترهای مغناطیسی مربوطه، به عنوان نقشه مبنا مورد استفاده قرار گرفته است.

طی بازدیدهای صحرایی انجام گرفته در منطقه دره‌باغ، موقعیت جغرافیایی هر ایستگاه مغزه‌برداری توسط GPS تعیین گردید و سپس ثبت شد. با انتقال موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها بر روی نقشه زمین‌شناسی، نقشه موقعیت ایستگاه‌ها حاصل گردید (شکل ۵-۱). در مطالعات مغناطیسی هرچه تعداد ایستگاه‌ها و مغزه‌های برداشت شده بیشتر باشد، نتایجی که بدست خواهد آمد، کامل‌تر خواهد بود و تفسیرهای مرتبط با آن‌ها دقیق‌تر خواهد شد. معمولاً به ازای هر ایستگاه، ۲ مغزه برداشت می‌گردد ولی بر حسب تنوع سنگ‌شناسی، در بعضی از ایستگاه‌ها تا ۷ عدد مغزه هم برداشت گردیده است. در هر ایستگاه علاوه بر مغزه‌گیری و برداشت نمونه‌دستی، ویژگی‌های صحرایی مرتبط با واحدهای سنگی هر ایستگاه نیز در دفترچه صحرایی یادداشت گردیده است. با توجه به شواهد صحرایی و مطالعات پتروفابریکی در منطقه، ۴ نوع ترکیب سنگی غالب شامل گرانودیوریت، گرانیت، لوکوگرانیت و میگماتیت شناسایی و تفکیک گردید.





شکل ۵-۱- نقشه زمین شناسی اصلاح شده به همراه چگونگی توزیع ایستگاه های مغزه برداری توده گرانیتوئیدی دره باغ. زمینه سفید رنگ تصویر در واقع سنگ های دگرگونی ناحیه ای متاپلیتی میزبان به سن ژوراسیک زیرین می باشند. توجه داشته باشید که تعداد کم ایستگاه ها یا نبود آن ها در حاشیه شرقی و شمال شرقی توده به علت آن است که سنگ های گرانیتوئیدی کاملاً خرد شده بودند و امکان گرفتن مغزه وجود نداشت. در این مناطق به علت توسعه کشاورزی، سنگ های گرانیتوئیدی در زیر پوشش ضخیمی از خاک مدفون شده اند و عملاً امکان گرفتن نمونه وجود نداشت.

بعد از تکمیل بازدیدهای صحرایی، از ۱۲۱ ایستگاه، تعداد ۳۲۵ مغزه برداشت شد که پس از برش مغزه ها به قطعات ۲۲ میلی متری، در نهایت ۱۲۰۰ قطعه مغزه به دست آمد. ناگفته نماند که برش مغزه ها با این ابعاد خاص، بدین منظور می باشد که نمونه، در حد نمونه استاندارد و مورد استفاده برای قرار دادن در محفظه نگهدارنده دستگاه سنجش خودپذیری مغناطیسی باشد. این قطعات مجدداً شماره گذاری شده و با اسید کلریدریک ۱/۱. نرمال اسیدشویی می گردند. سپس توسط دستگاه سنجش

خودپذیری MFk1-FA در آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، خودپذیری مغناطیسی و سایر پارامترهای مربوط به فابریک‌های مغناطیسی اندازه‌گیری گردید. موقعیت جغرافیایی، آزمون شیب و شیب مغزه‌های برداشت شده در جدول ۱ پیوست ۲ ارائه شده است. نتایج اولیه و داده‌های خام حاصل از اندازه‌گیری‌های دستگاه مغناطیس‌سنج در جدول ۲ پیوست ۲ ارائه شده است از این داده‌های خام، پارامترهای  $K_m, K_1, K_2, K_3, P, T$  حاصل می‌گردد که در تعبیر و تفسیرهای بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرند. جدول ۵-۱ مقادیر پارامتر خودپذیری مغناطیسی میانگین ( $K_m$ )، خطوارگی مغناطیسی (مقدار برداری  $K_1$ )، قطب برگواری مغناطیسی (مقدار برداری  $K_3$ )، انیزوتروپی مغناطیسی بر حسب درصد ( $P\%$ )، پارامتر شکل ( $T$ ) و همچنین ترکیب سنگ‌شناسی در هر ایستگاه ارائه شده است. از داده‌های این جدول جهت ترسیم نقشه‌های فابریک مغناطیسی استفاده گردیده است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری هر نمونه در جدول ۲ پیوست ۲ آورده شده است. این داده‌ها بر اساس ترکیب سنگ‌شناسی در هر ایستگاه تفکیک گردیده‌اند و از آن در انجام سایر پردازش‌های آماری و نرم‌افزاری کمک گرفته شده است.

داده‌های به دست آمده از دستگاه کاپابریج، به کمک نرم‌افزار Anisoft 4.2 بازخوانی شده و استریونت‌های نشان‌دهنده موقعیت  $K_1, K_2$  و  $K_3$  ترسیم گردیده است. در شکل ۵-۲ تا ۵-۶ استریونت‌های مربوط به هر واحد سنگی، یا هر قلمرو و همچنین استریونت مربوط به هر ایستگاه نشان داده شده است. در این استریونت‌ها  $K_1$  ( $K_{max}$ ) معرف بزرگترین بردار بیضوی مغناطیسی،  $K_2$  ( $K_{int}$ ) نشان‌دهنده بردار متوسط بیضوی مغناطیسی و  $K_3$  ( $K_{min}$ ) کوچکترین بردار بیضوی مغناطیسی می‌باشد. با استفاده از این استریونت‌ها به آسانی می‌توان میزان همگنی و جهت بردارهای مغناطیسی را در ذهن تجسم کرد و صحت و دقت داده‌های بدست آمده را مورد بررسی قرار داد و در ضمن کنترل نمود.

جدول ۵-۱- میانگین پارامترهای مغناطیسی اندازه‌گیری شده برای کلیه ایستگاه‌های مغزه‌برداری.

Station	X	Y	Lithology	K <sub>m</sub>	P	T	K <sub>1d</sub>	K <sub>1i</sub>	K <sub>3d</sub>	K <sub>3i</sub>	Foliation	
SF-1	376324	3707853	Grd	275	1.098	0.650	159.4	4.8	257.4	58.7	N12.6W	31.3 NE
SF-2	376241	3707880	Grd	249	1.086	0.628	168	9.4	284.1	69.4	N14.1E	20.6 SE
SF-3	376232	3707897	Leu	30	1.049	0.329	10.7	13.6	234.3	71.5	N35.7W	18.5 NE
SF-4	375842	3708253	Grd	248	1.084	0.572	139.9	7.1	240	54.3	N30W	35.7 NE
SF-4	375842	3708253	Enc	392	1.083	0.744	4.4	10.1	325.6	57.1	N55.6E	32.9 SE
SF-5	375461	3708756	Leu	46	1.037	0.309	125	24.9	234.9	36.2	N35.1W	53.8 NE
SF-5	375461	3708756	Enc	512	1.089	0.682	125	16.5	219.9	26.2	N50.1W	63.8 NE
SF-5	375461	3708756	Leu	48	1.046	0.257	105	18.4	206.4	30.7	N63.6W	59.3 NE
SF-5	375461	3708756	LeuHT	149	1.06	0.265	202.4	67.2	30.3	8.4	S30.3E	81.6 SW
SF-6	374602	3709194	Grd	244	1.070	0.669	118.3	13.7	239.7	65	N30.3W	25 NE
SF-7	375957	3708809	Grd	236	1.095	0.707	345.2	15.4	212.7	67.9	N57.3W	22.1 NE
SF-7	375957	3708809	Leu	31	1.064	0.522	26	3.5	255.1	78.5	N14.9W	11.5 NE
SF-8	376183	3709429	Grd	265	1.074	0.280	319.7	12.1	222.5	30.5	N47.5W	59.5 NE
SF-9	375729	3709181	Grd	267	1.091	0.579	148.6	4.7	246.1	58.1	N23.9W	31.9 NE
SF-10	375120	3709518	Grd	233	1.073	0.760	351.4	17	237.7	52.8	N32.3W	37.2 NE
SF-10	375120	3709518	Enc	343	1.089	0.682	160.9	8.9	126.5	22.5	S36.5W	67.5 NW
SF-11	375959	3706464	Grd	235	1.081	0.781	126.1	17.5	293.3	72.1	N23.3E	17.9 SE
SF-12	375427	3706919	Leu	27	1.047	0.098	336.4	76.1	192	11.4	N78W	78.6 NE
SF-13	375602	3706937	Grd	279	1.092	0.735	59	20	262.4	68.2	N7.6W	21.8 NE
SF-13	375602	3706937	Enc	481	1.029	0.612	76.1	12.5	262.4	68.2	N7.6W	21.8 NE
SF-14	375489	3707076	lue	36	1.026	0.196	270.5	64.1	31.5	13.7	N84.1E	6.8 SE
SF-15	375378	3707156	Grd	260	1.070	0.757	99.5	5.2	230.4	82	N39.6W	8 NE
SF-16	374898	3707249	Grd	259	1.054	0.609	172.7	21	288.9	48.8	N18.9E	41.2 SE
SF-16	374898	3707249	Leu	22.5	1.032	-0.026	339.8	40.3	168.9	48.8	S78.9W	41.2 NW
SF-17	374678	3707559	Grd	219	1.066	0.724	116.4	17.3	280.2	72	N10.2E	18 SE
SF-18	374296	3707618	Enc	339	1.008	0.200	189.2	46	35.3	40.9	S54.7E	49.1 SW
SF-19	375331	3705434	Grd	233	1.058	0.450	324.4	1.7	225.5	78.8	N44.5W	11.2 NE

ادامه جدول ۱-۵

Station	X	Y	Lithology	K <sub>m</sub>	P	T	K <sub>1d</sub>	K <sub>1i</sub>	K <sub>3d</sub>	K <sub>3i</sub>	Foliation	
SF-20	374906	3705693	Grd	248	1.055	0.472	300.3	7.3	180.7	75.4	N89.3W	14.8 NE
SF-21	374903	3703263	Grd	217	1.042	0.116	20.1	17.7	219.8	71.2	N50.2W	18.8 NE
SF-22	374760	3703547	Grd	211	1.065	0.082	23.3	20.4	188	68.9	N82W	21.1 NE
SF-23	374567	3703871	Grd	205	1.068	0.022	22.6	16.9	170.3	70.2	S80.3W	19.8 NW
SF-24	375176	3704674	Grd	230	1.046	0.735	333.2	11.3	208.4	70.8	N61.6W	19.2 NE
SF-24	375176	3704674	Enc	308	1.026	0.225	14.6	9.6	222.7	79.1	N47.3W	10.9 NE
SF-25	374506	3706018	Grd	215	1.055	0.460	342.2	4	244.9	61.3	N25.1W	28.7 NE
SF-26	373338	3706125	Mig	471	1.031	0.116	49.5	15.2	295.2	56.6	N25.2E	33.4 SE
SF-27	373929	3706041	Grd	202	1.042	0.399	49.4	21.2	238.1	56.8	N31.9W	33.2 NE
SF-28	373710	3705855	Grd	225	1.080	0.283	10.7	26.5	269.4	21.5	N0.6W	68.5 NE
SF-29	373854	3705341	Grd	200	1.060	0.415	5.9	11.6	246.6	67.2	N23.4W	22.8 NE
SF-30	374121	3704985	Grd	194	1.048	0.279	9.8	17.6	213.3	70.9	N56.7W	19.1 NE
SF-31	374453	3705055	Grd	232	1.043	0.620	325.1	12.5	160.3	77.1	S70.3W	12.9 NW
SF-32	374461	3704683	Grd	218	1.047	0.657	357.1	19.5	179.7	70.5	S89.7W	19.5 NW
SF-33	375286	3710576	Grd	252	1.066	0.679	338.1	13.1	225.3	59	N44.7W	31 NE
SF-33	375286	3710576	Enc	342	1.076	0.651	356.2	24.4	227.2	54.3	N42.8W	35.7 NE
SF-34	374500	3710173	Grd	221	1.041	0.202	24.4	52.4	221.1	36.4	N48.9W	53.6 NE
SF-35	374577	3710543	Grd	238	1.040	0.480	307.5	16.3	204	38.5	N66W	51.5 NE
SF-36	374802	3710735	Grd	283	1.067	0.695	358.3	39.6	211.5	45.3	N58.5W	44.7 NE
SF-36	374802	3710735	Enc	357	1.060	0.422	353.7	39.3	202.7	46.9	N67.3W	43.1 NE
SF-37	373927	3707798	Grd	227	1.039	0.650	356.9	4.5	252.9	73.7	N12.9W	16.3 NE
SF-37	373927	3707798	Enc	442	1.038	0.5	202.9	1.8	319.6	86	N49.6E	4 SE
SF-38	372564	3707993	Grd	231	1.039	0.367	88.7	39.8	276.5	49.9	N6.5E	40.1 SE
SF-39	372406	3708218	Grd	226	1.044	0.232	68.9	39.4	260.6	50	N9.4W	40 NE
SF-40	372058	3708420	Grd	238	1.043	0.306	78.9	40.8	275.9	47.9	N5.9E	42.1 SE
SF-41	373472	3708866	Grd	253	1.040	0.280	156.7	4.1	257.3	68.4	N12.7W	21.6 NE

ادامه جدول ۱-۵

Station	X	Y	Lithology	K <sub>m</sub>	P	T	K <sub>1d</sub>	K <sub>1i</sub>	K <sub>3d</sub>	K <sub>3i</sub>	Foliation	
SF-42	372903	3709118	Grd	221	1.033	0.434	53.4	40.8	262.4	45.4	N7.6W	44.6 NE
SF-43	373734	3710190	Grd	217	1.053	0.729	307.3	5.6	210.9	48.6	N59.1W	41.4 NE
SF-44	369579	3710504	Grd	219	1.033	-0.043	17.6	42	251.4	33.2	N18.6W	56.8 NE
SF-44	369579	3710504	Enc	306	1.034	0.625	340.3	34.3	99.1	37	S9.1W	53 NW
SF-45	370062	3709915	Grd	250	1.025	0.398	77.1	42.9	252.8	47	N17.2W	43 NE
SF-46	370150	3709103	Grd	210	1.027	0.379	72	52	230.9	36.1	N39.1W	53.9 NE
SF-47	369948	3709520	Grd	204	1.029	0.264	5.9	32.6	238.5	43.5	N31.5W	46.5 NE
SF-48	370334	3709571	Grd	226	1.026	0.016	134.4	37.9	251.2	30.1	N18.8W	59.9 NE
SF-49	371118	3709089	Grd	235	1.037	0.560	59.6	50.5	228.7	39	N41.3W	50.4 NE
SF-50	370748	3709763	Grd	237	1.036	0.529	33.4	32.8	251	50.9	N19W	39.1 NE
SF-50	370748	3709763	Enc	329	1.032	0.419	359.8	22.1	227.7	59.6	N42.3W	30.4 NE
SF-51	370125	3710497	Grd	232	1.020	0.121	7.4	34.6	244.3	38.4	N25.7W	51.6 NE
SF-52	370607	3710753	Grd	263	1.025	0.288	42.2	35.2	238.7	53.6	N31.3W	36.4 NE
SF-53	367443	3706702	Grd	157	1.051	0.302	154.4	28.7	265.3	33.1	N4.7W	56.9 NE
SF-54	367245	3706707	Grd	141	1.060	0.014	107	46.7	259.1	39.8	N10.9W	50.2 NE
SF-55	367610	3706776	Grd	151	1.073	-0.530	133.6	53.2	297	35.7	N27E	54.3 SE
SF-56	367090	3708903	Leu	23.9	1.030	0.032	193.6	3.8	286.4	36.4	N16.4E	53.6 SE
SF-57	369228	3711395	Mig	341	1.020	0.138	59.5	43.2	253.4	46	N16.6W	44 NE
SF-58	369668	3711637	Grd	223	1.027	-0.439	14	46.4	264.3	17.7	N5.7W	72.3 NE
SF-58	369668	3711637	Mig	411	1.009	0.021	60.4	39.7	267.3	47	N2.6W	43 NE
SF-59	369854	3712023	Grd	239	1.032	0.205	80.5	40.7	296	43.4	N26E	46.6 SE
SF-60	370061	3713283	Grd	281	1.018	0.296	316.6	12.5	217.9	34.6	N52.1W	55.4 NE
SF-60	370061	3713283	Mig	375	1.029	0.292	326.7	25.4	211.2	42.2	N58.8W	47.8 NE
SF-61	370357	3713718	Mig	404	1.032	-0.209	106	13.1	199.8	15.8	N70.2W	74.2 NE
SF-62	370334	3713586	Grd	262	1.051	0.698	313.5	48.8	194.7	22.9	N75.3W	67.1 NE
SF-63	371161	3713391	Grd	235	1.029	0.414	265.1	7.7	16.4	69.6	S16.4E	20.4 SW

ادامه جدول ۱-۵

Station	X	Y	Lithology	K <sub>m</sub>	P	T	K <sub>1d</sub>	K <sub>1i</sub>	K <sub>3d</sub>	K <sub>3i</sub>	Foliation	
SF-63	371161	3713391	Mig	407	1.031	0.403	265.6	6.3	157.9	68.3	S67.9W	21.7 NW
SF-63	371161	3713391	leu	69.5	1.066	0.499	311.1	33.2	211.8	13.9	N58.2W	76.1 NE
SF-64	370947	3710759	Mig	399	1.037	0.466	160.2	24.6	40.4	47.4	S40.4E	42.6 SW
SF-65	372110	3711198	Grd	247	1.042	0.681	34.3	29.4	215	60.6	N55W	29.4 NE
SF-66	372981	3711516	Grd	275	1.080	0.776	352	25.4	213.2	57.7	N56.8W	32.3 NE
SF-67	371899	3711911	Grd	258	1.025	-0.489	298.6	31.4	61.6	41.8	S61.6E	48.2 SW
SF-68	371956	3712165	Grd	218	1.027	0.091	309.5	43	206.5	13.6	N63.5W	76.4 NE
SF-69	371970	3712291	Grd	255	1.037	-0.586	304.2	36.7	155.1	49	N245.1W	41 NE
SF-70	371783	3712472	Grd	261	1.040	0.093	282.9	38.8	137.9	45.5	S227.9W	44.5 NW
SF-71	371494	3712733	Grd	231	1.044	-0.329	314.5	37.2	214.2	13.3	N55.8W	76.7 NE
SF-72	371880	3712789	Grd	273	1.067	0.489	316.3	45.3	206.5	18.5	N63.5W	71.5 NE
SF-73	372174	3712380	Grd	243	1.038	-0.329	306.6	15.7	195.1	52.5	N74.2W	37.2 NE
SF-74	373300	3711174	Grd	209	1.043	0.642	0.9	39.1	162.7	49.4	S72.7W	40.6 NW
SF-75	370522	3712673	Grd	267	1.029	0.029	129.4	0.7	220.3	52.7	N49.7W	37.3 NE
SF-76	370690	3712404	Grd	254	1.036	0.230	96	40.2	322.1	39.3	N52.1E	50.7 SE
SF-77	371108	3712335	Grd	261	1.031	0.395	330.1	10.1	231.6	39.6	N38.4W	50.4 NE
SF-78	371492	3711716	Grd	231	1.024	-0.101	342.5	20.2	90.3	39.7	S0.3W	50.3 NW
SF-79	371464	3711533	Grd	251	1.019	0.095	294.8	47.8	56.4	25.4	S56.4E	64.6 SW
SF-80	369997	3711512	Grd	202	1.035	0.234	105.9	48.2	284.6	41.8	N14.6E	48.2 SE
SF-81	371494	3711112	Grd	242	1.022	0.059	345.2	57.6	208.4	24.8	N61.4W	63.9 NE
SF-82	371971	3710684	Grd	237	1.038	-0.132	355.7	20.8	231	56.2	N39W	33.8 NE
SF-83	372319	3710483	Grd	243	1.049	0.288	27.3	23.3	222.4	66	N47.6W	24 NE
SF-84	371909	3710473	Grd	262	1.042	-0.345	16.9	12.4	259.2	64.6	N10.8W	25.4 NE
SF-85	371705	3710246	Grd	237	1.041	0.503	68.3	25.8	274	61.8	N4E	28.2 SE
SF-86	369692	3710567	Grd	197	1.030	-0.045	23.1	55.3	246.6	26.7	N23.4W	63.3 NE
SF-87	3708045	375893	leu	27.2	1.035	0.562	54.2	4.2	291.9	82.2	N21.9E	7.8 SE
SF-88	3707914	375745	leu	24.9	1.045	-0.026	235.3	60.8	340.5	8.3	N70.5E	81.7 SE

ادامه جدول ۱-۵

station	X	Y	Lithology	K <sub>m</sub>	P	T	K <sub>1d</sub>	K <sub>1i</sub>	K <sub>3d</sub>	K <sub>3i</sub>	Foliation	
SF-89	3707842	375705	Grd	281	1.059	0.623	1.3	5.7	231.6	81.1	N38.4W	8.9 NE
SF-89	3707842	375705	Enc	328	1.05	0.455	359.8	22.1	227.7	59.6	N57.1W	15 NE
SF-90	3707632	375671	Grd	258	1.069	0.793	133.7	4	241.8	77.4	N28.2W	12.6 NE
SF-91	3707653	375583	leu	31.5	1.063	0.717	344.6	7.3	226	75.1	N44W	14.9 NE
SF-92	3708499	375310	Grd	254	1.079	0.380	138.2	7.1	247.5	69.4	N22.5W	20.6 NE
SF-93	3708603	374778	Grd	295	1.074	0.650	127.8	3.9	224.6	60.1	N45.4W	29.9 NE
SF-94	3708764	374565	Grd	292	1.070	0.638	114.3	18.4	261	68.3	N9W	21.7 NE
SF-95	3709027	374300	Grd	281	1.058	0.617	76.8	22.8	226.6	64.1	N43.4W	25.9 NE
SF-96	3709164	374280	Grd	267	1.082	0.687	329.5	12.6	219.6	56.7	N50.4W	33.3 NE
SF-97	3709476	374460	Grd	304	1.066	0.521	19.5	25	219.9	63.7	N50.1W	26.3 NE
SF-98	3709640	374339	Grd	265	1.064	0.551	343.3	11.2	226.9	66	N43.1W	24 NE
SF-99	3709498	374176	Grd	373	1.061	0.464	348.1	8.3	232.3	71.5	N28W	17.3 NE
SF-100	3709315	374029	Grd	273	1.052	0.038	339	4.8	238.1	66	N31.9W	24 NE
SF-101	3709068	372107	Grd	268	1.049	0.280	6.6	17.5	256.1	48.1	N13.9W	41.9 NE
SF-102	3708381	371851	Grd	260	1.077	0.521	122	30.3	234	48.9	N36W	41.1 NE
SF-103	3709230	372552	Grd	303	1.057	0.718	350.3	1.4	256	71.1	N14W	18.9 NE
SF-104	3709591	372655	Grd	295	1.041	0.523	3.3	19.9	221.2	65.3	N48.8W	24.7 NE
SF-105	3709805	372357	Grd	275	1.044	0.420	4.7	16.9	249.8	54.2	N20.2 W	35.8 NE
SF-106	3709961	372451	Grd	288	1.034	0.296	323.5	2.6	90.6	80.3	S0.6W	9.7 NW
SF-107	3709658	372288	Grd	282	1.033	0.607	46.1	26.6	265.7	57	N4.3W	33 NE
SF-108	3709564	371883	Grd	274	1.048	0.720	16.4	22.1	262.5	44.9	N7.5W	45.1 NE
SF-109	3709126	371507	Grd	249	1.037	0.106	32.5	32.7	251.7	50.3	N18.3W	39.7 NE
SF-110	3708278	373727	Grd	229	1.050	0.453	160	7.8	284.2	76.1	N14.2E	13.9 SE
SF-111	3709703	372987	Grd	274	1.036	0.089	335.9	20	212.1	79.2	N57.9W	10.8 NE
SF-112	3709400	372980	Grd	312	1.058	0.588	3.3	9.5	212.1	79.2	N57.9W	10.8 NE
SF-113	3709025	372872	Grd	302	1.034	0.535	25.3	40.7	243.1	42.6	N26.9W	47.4 NE
SF-114	3709030	373559	Grd	283	1.059	0.749	354.7	6.5	249.8	66.3	N20.2W	23.7 NE
SF-115	3709714	373778	Grd	274	1.040	0.682	347.9	13.2	228.4	64.6	N41.6W	25.4 NE

ادامه جدول ۵-۱

Station	X	Y	Lithology	$K_m$	$P_{para\%}$	T	Lineation		$K_3d$	$K_{3i}$	Foliation	
SF-116	3710168	374009	Grd	284	1.030	0.117	332.8	22.9	199.5	58.4	N70.5W	31.6 NE
SF-117	3710344	374336	Enc	363	1.064	0.612	231.3	6.9	121.3	70.6	S58.7W	19.4 NW
SF-118	3710380	374360	Grd	266	1.040	0.410	6.5	32.7	189.3	57.3	N80.7W	32.7 NE
SF-118	3710380	374360	Mig	511	1.014	0.378	89.5	26.2	191	22	N79W	68 NE
SF-119	3710418	373972	Mig	463	1.032	0.039	323.2	8.7	187.3	77.9	N82.7W	12.1 NE
SF-120	3710945	373740	Grd	276	1.056	0.612	29.1	23.6	237.8	63.5	N32.2W	26.5 NE
SF-121	3711062	373670	Grd	308	1.065	0.493	152.2	7.2	262.2	69.7	N7.8W	20.3 NE

$K_m$ : خودپذیری مغناطیسی کل بر حسب  $\mu SI$

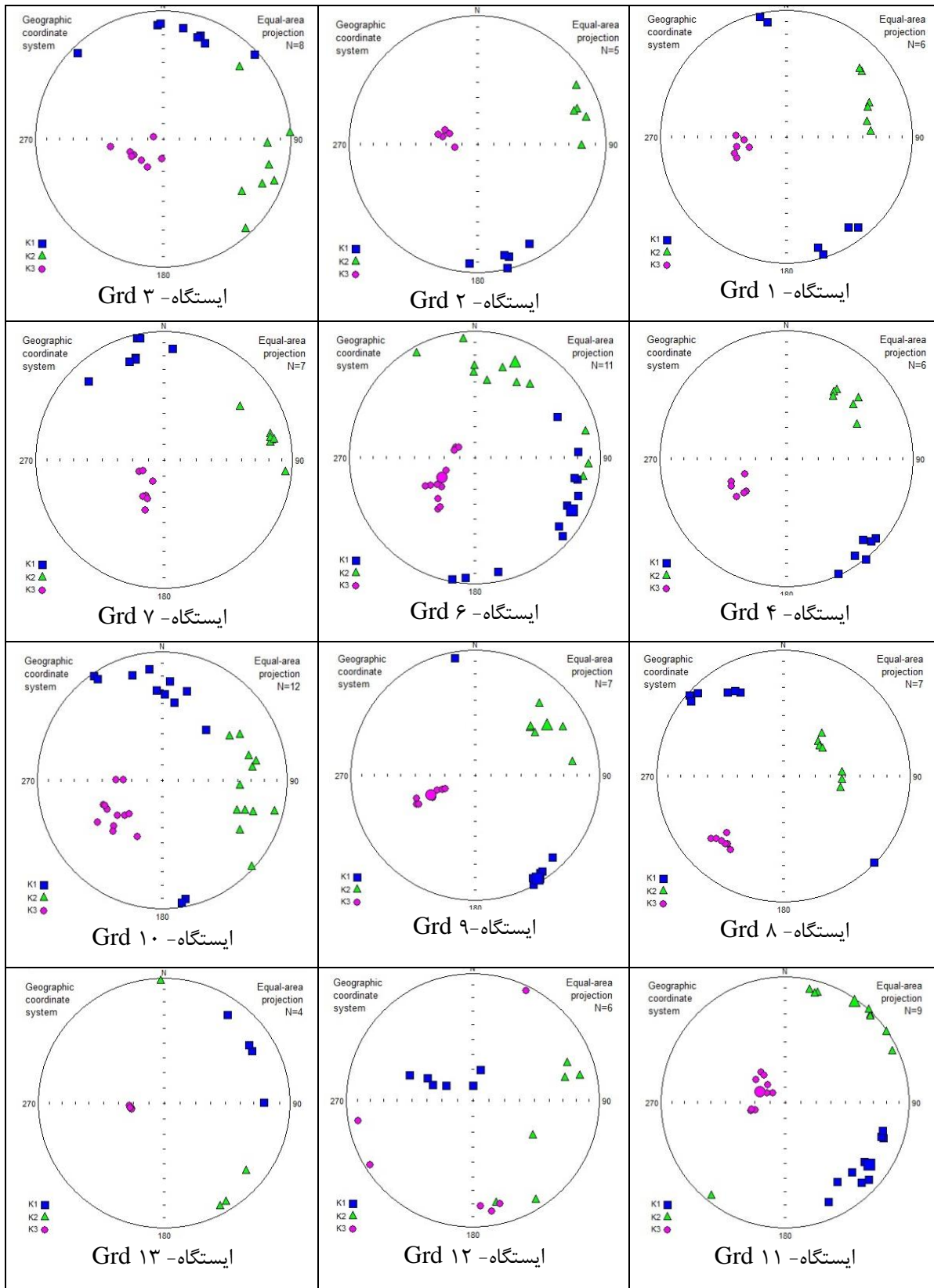
$P_{para\%}$ : درصد انیزوتروپی

T: پارامتر شکل

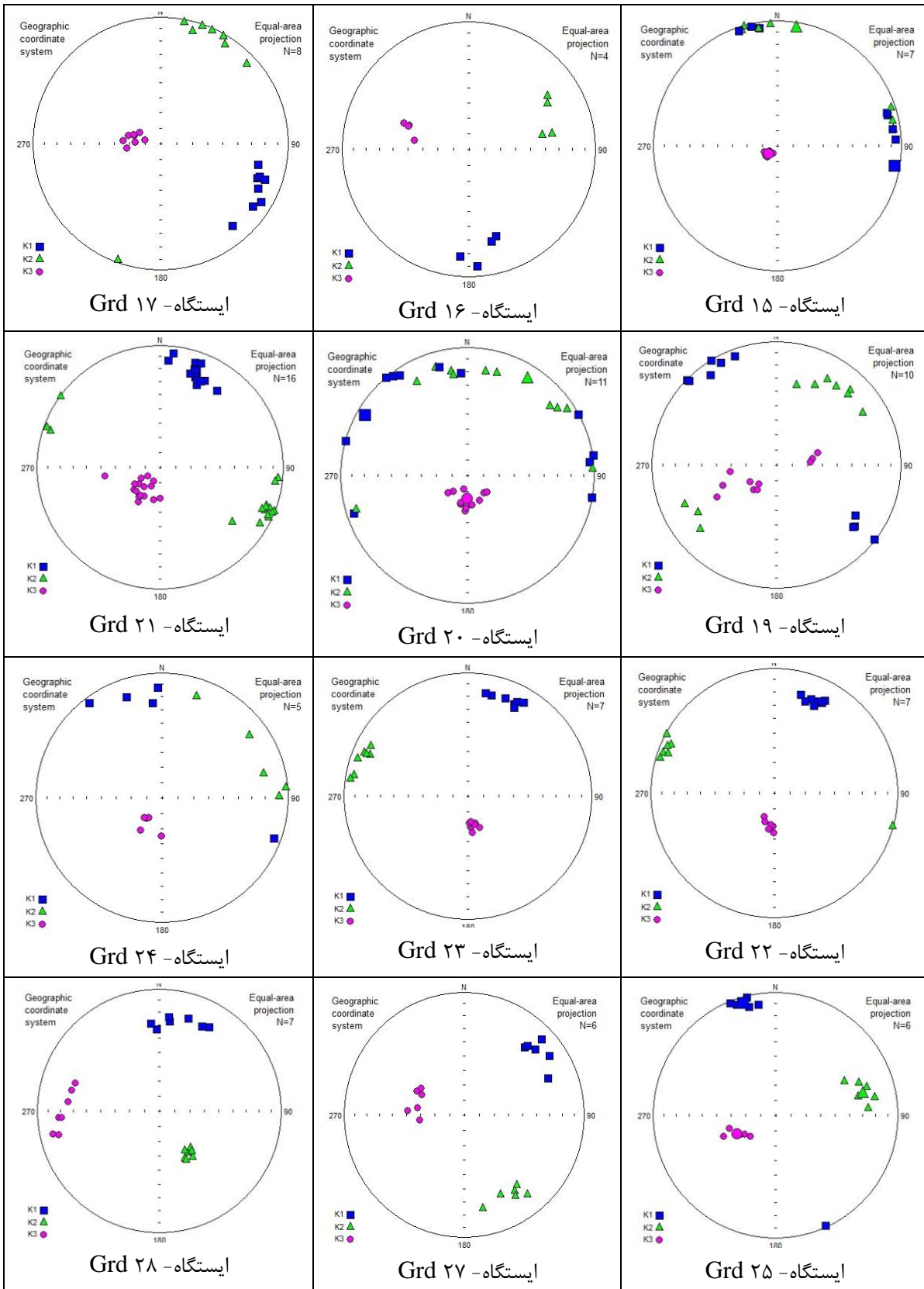
Lineation: امتداد و شیب  $K_1$  معرف خطوارگی

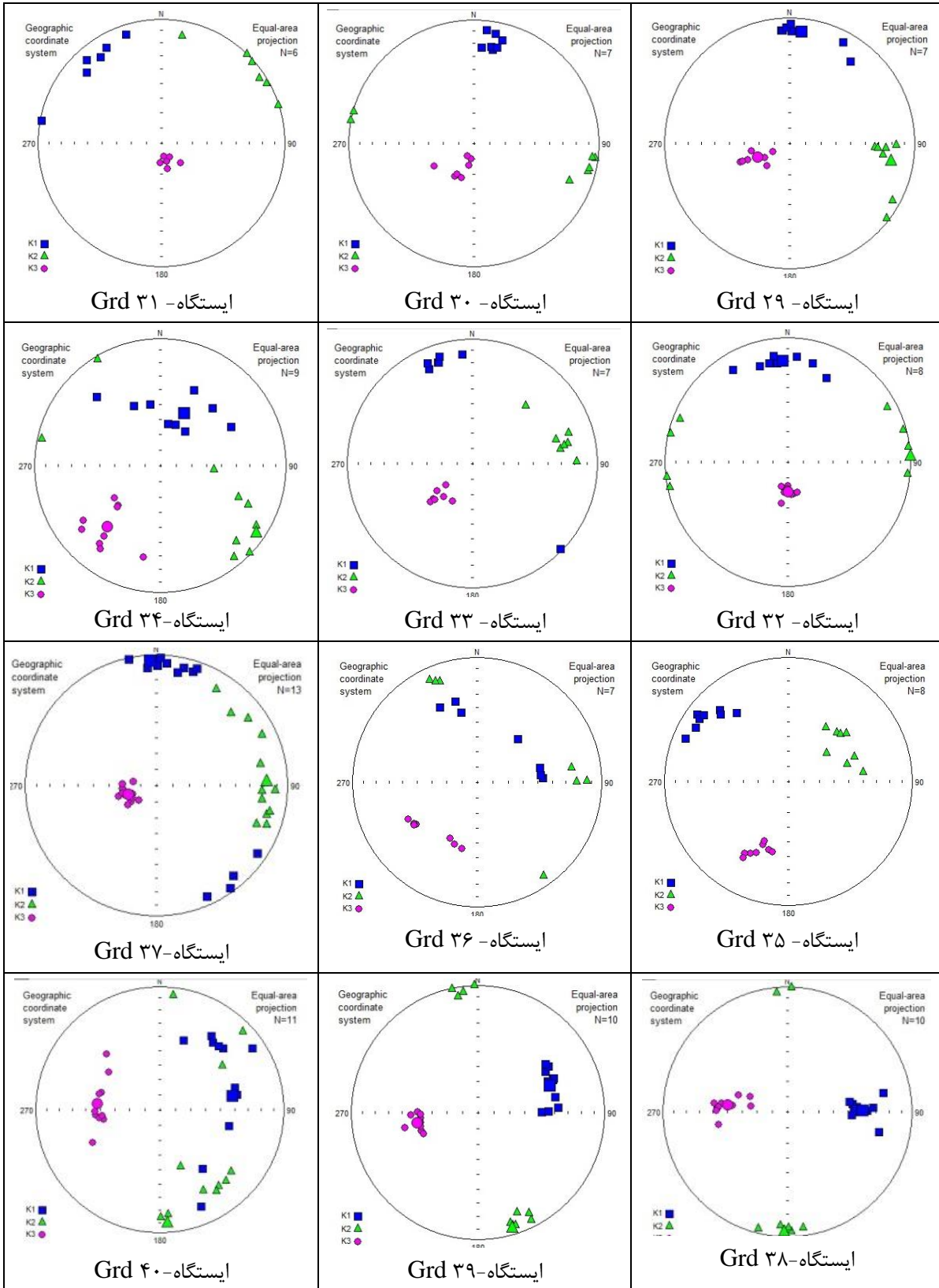
Foliation: روند و شیب  $K_3$  معرف قطب برگوارگی

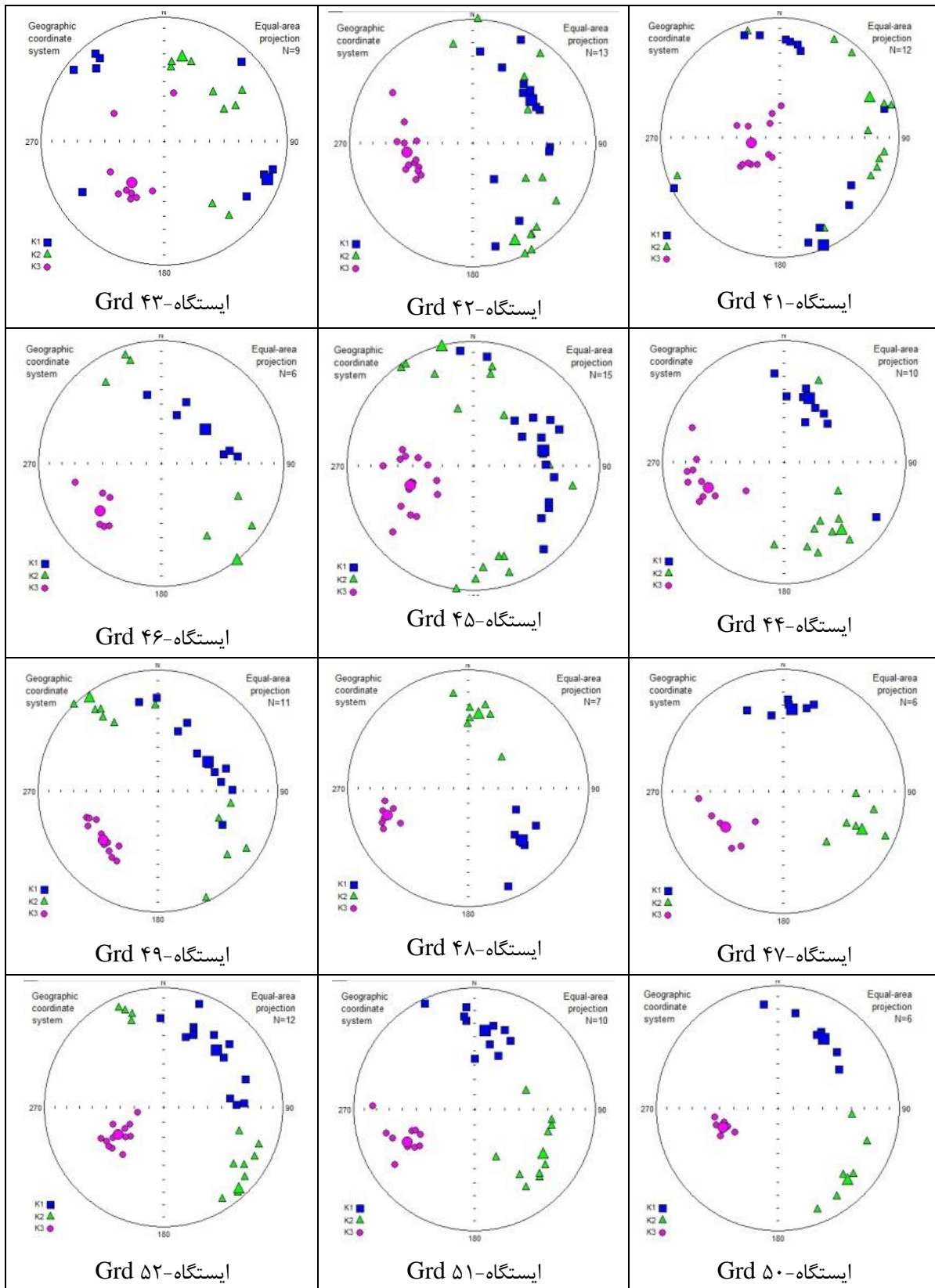


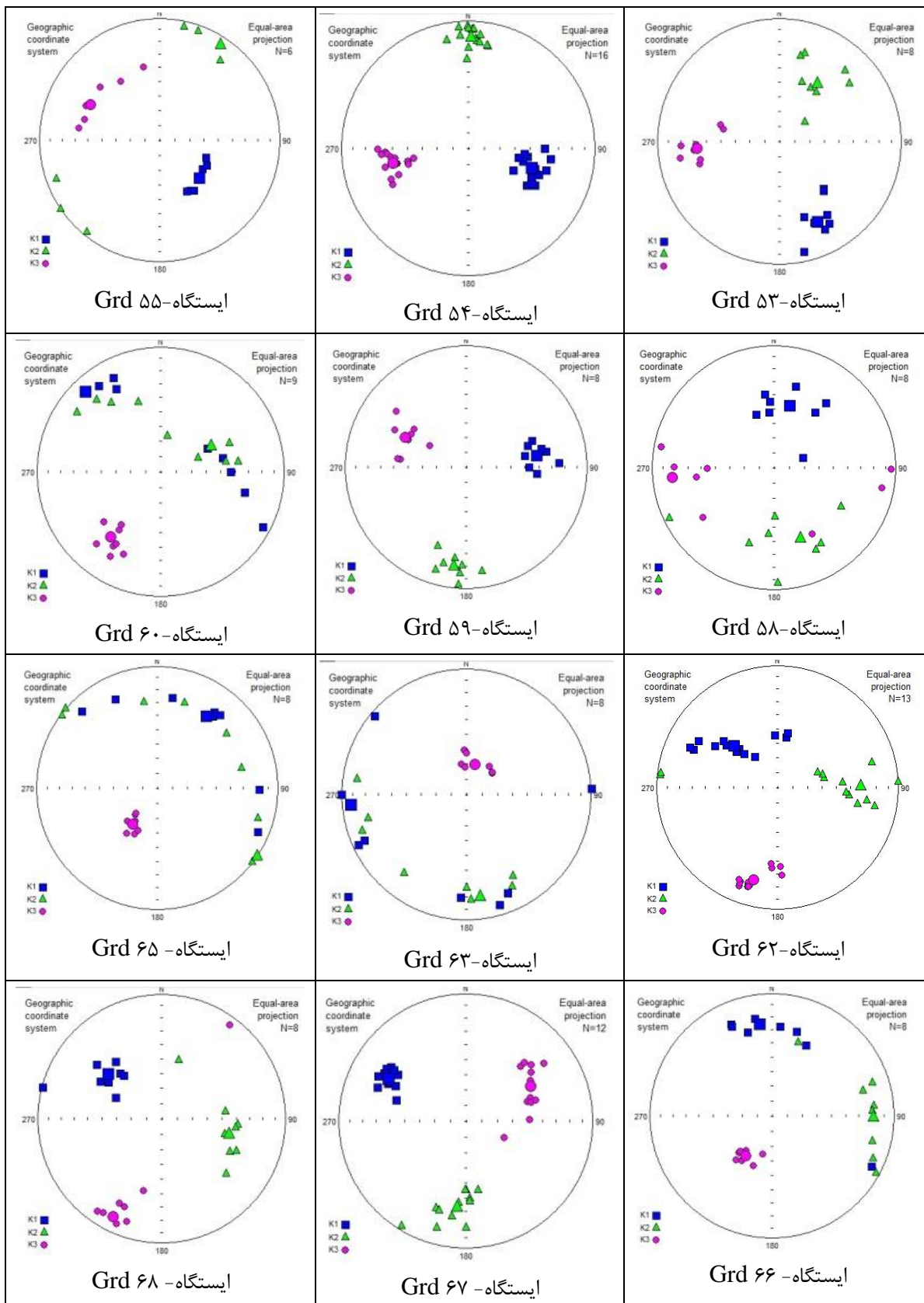


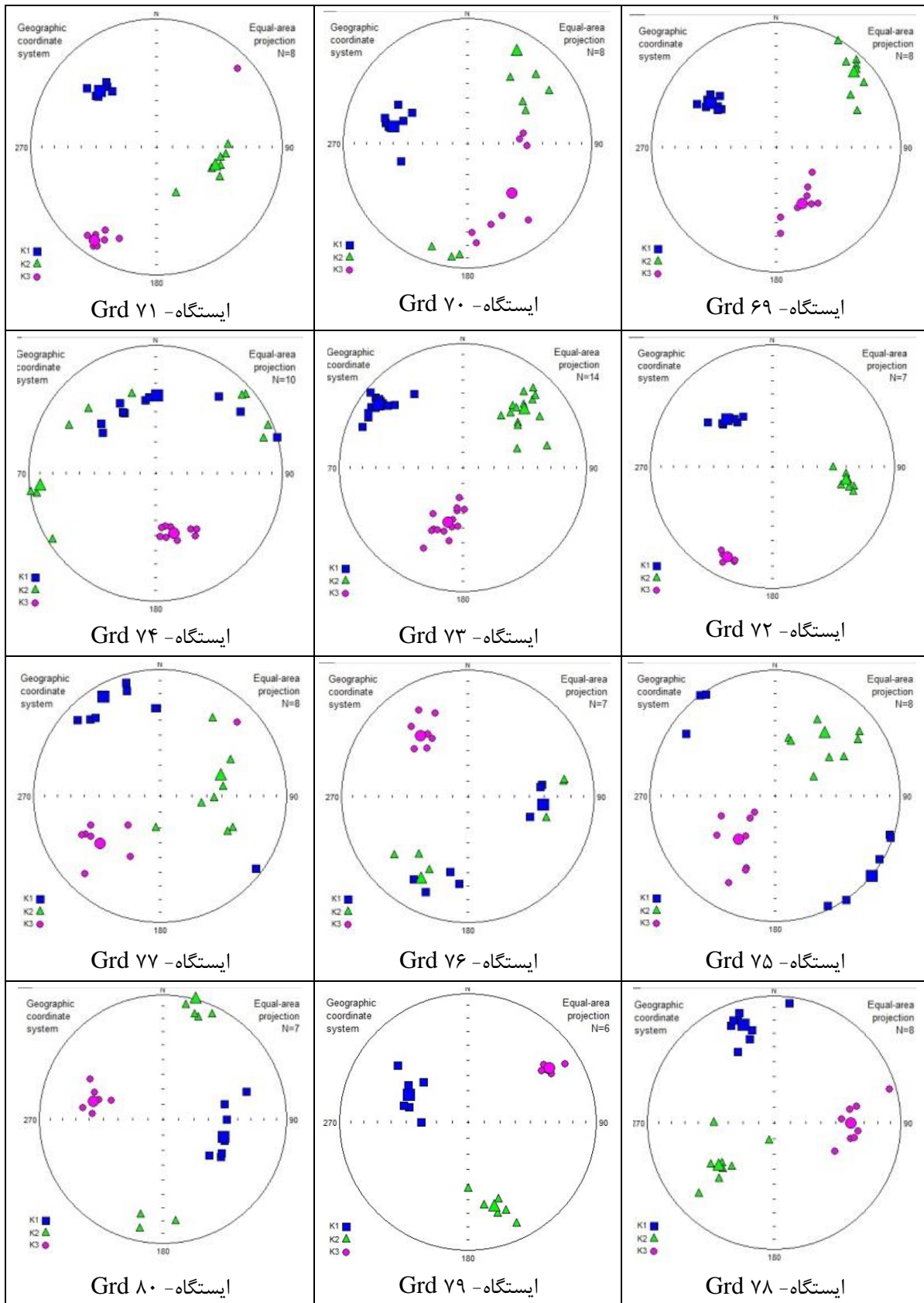
شکل ۵-۲- استریوگرام‌های ترسیم شده مبتنی بر پارامترهای مغناطیسی اندازه‌گیری با استفاده از نرم‌افزار Anisoft 4.2 در هر ایستگاه نمونه‌برداری با جنس گرانودیوریت.

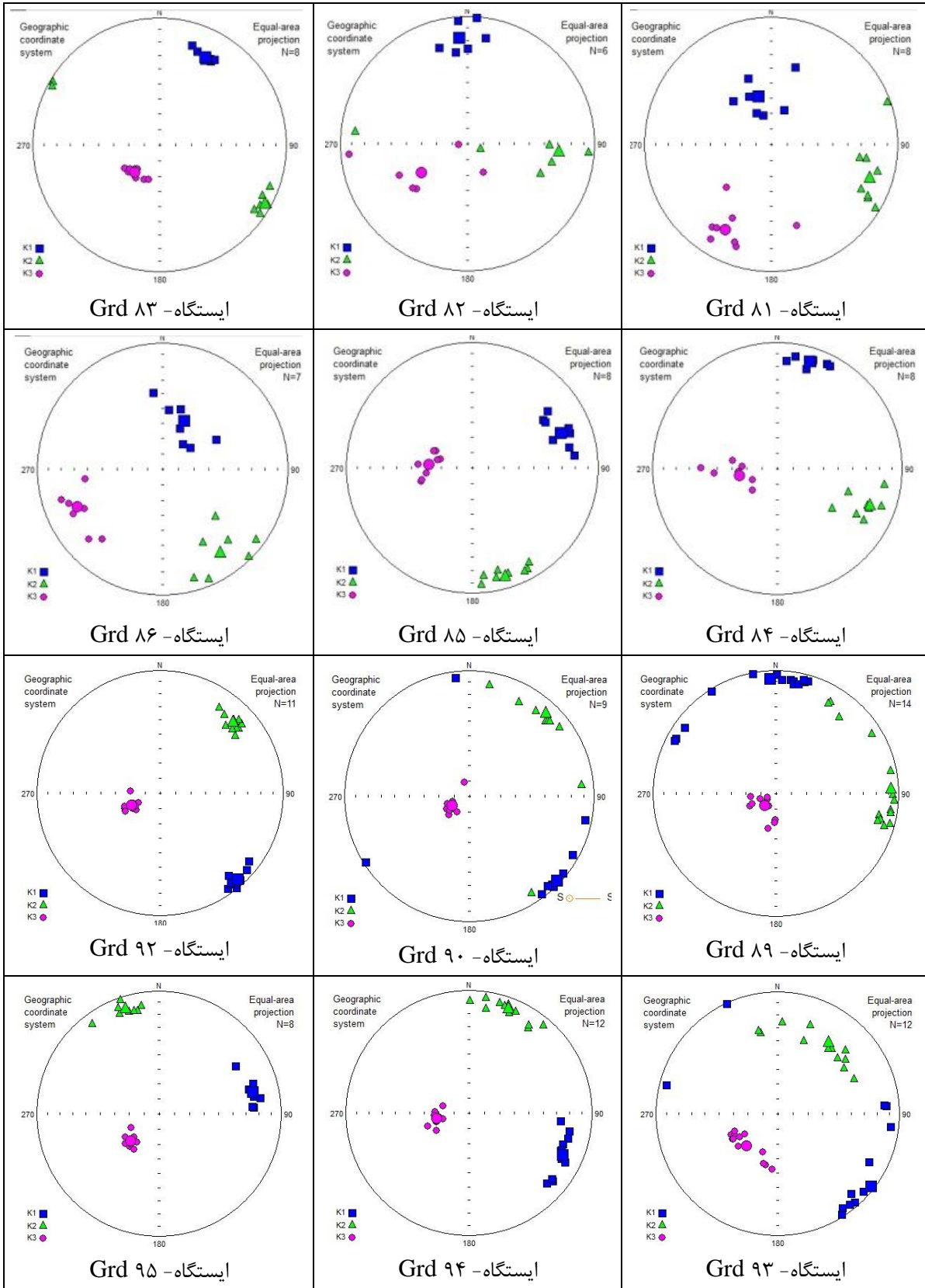


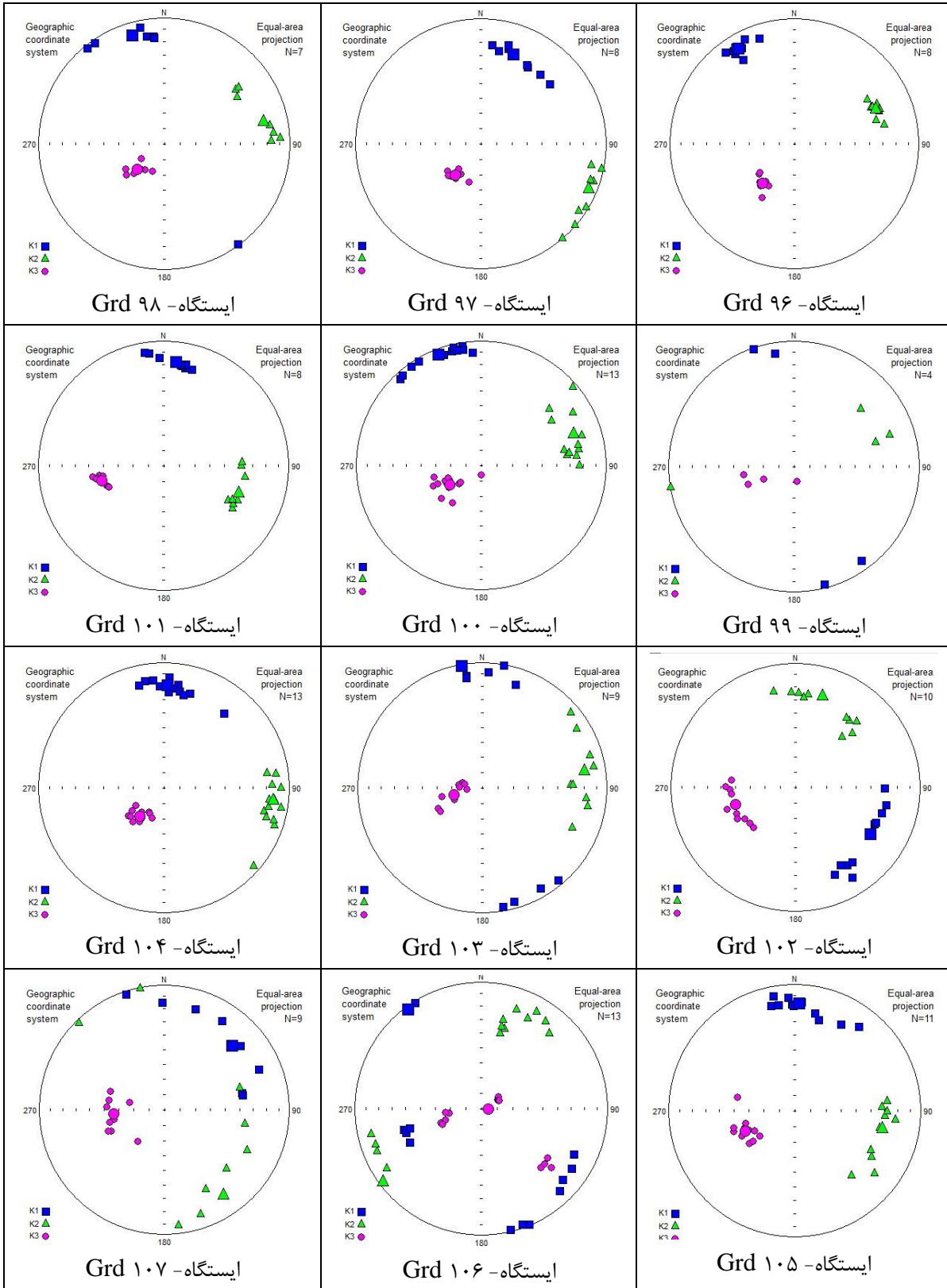




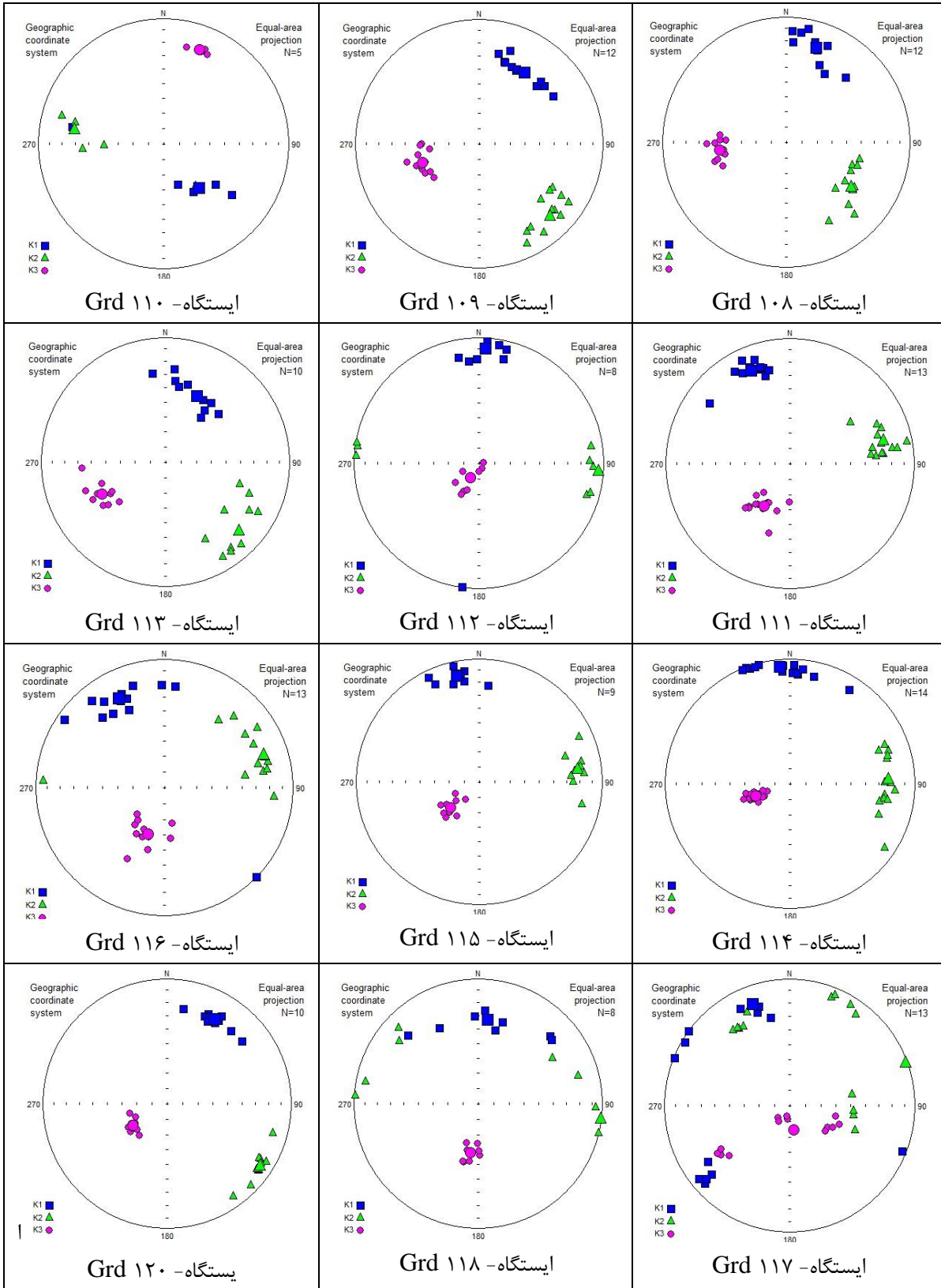


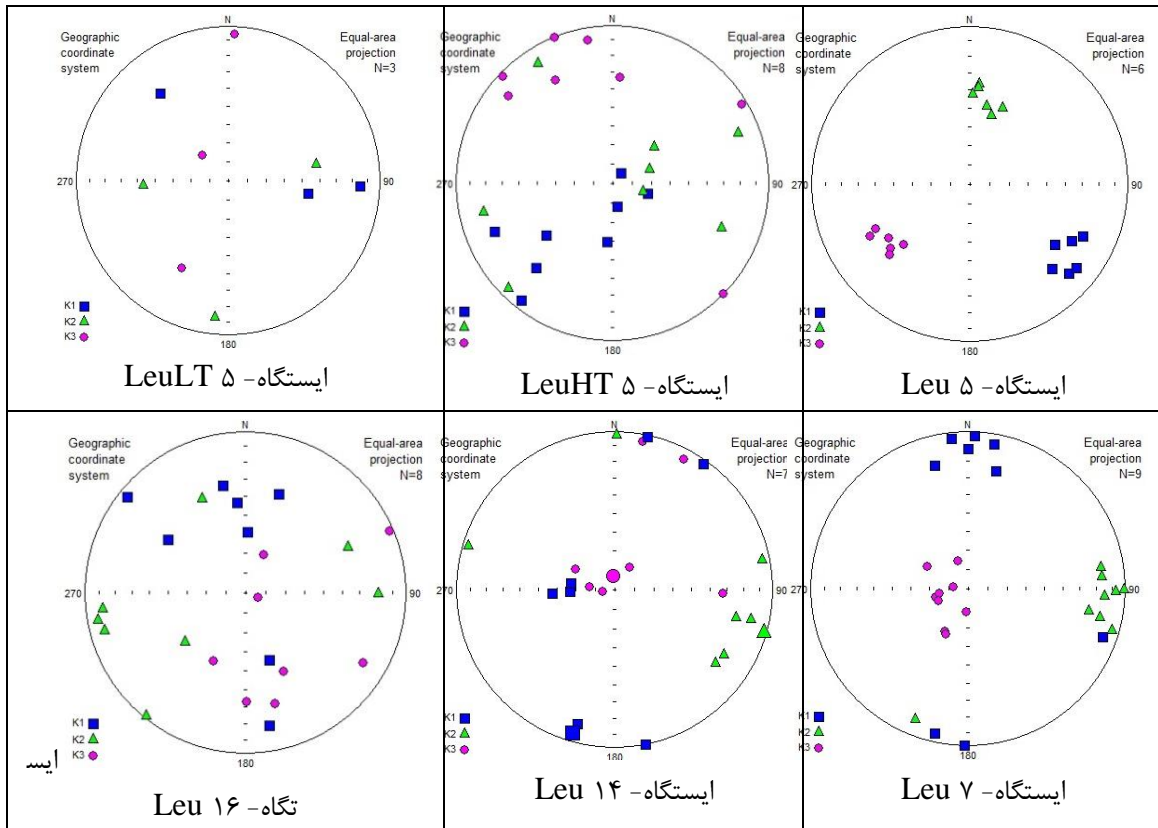
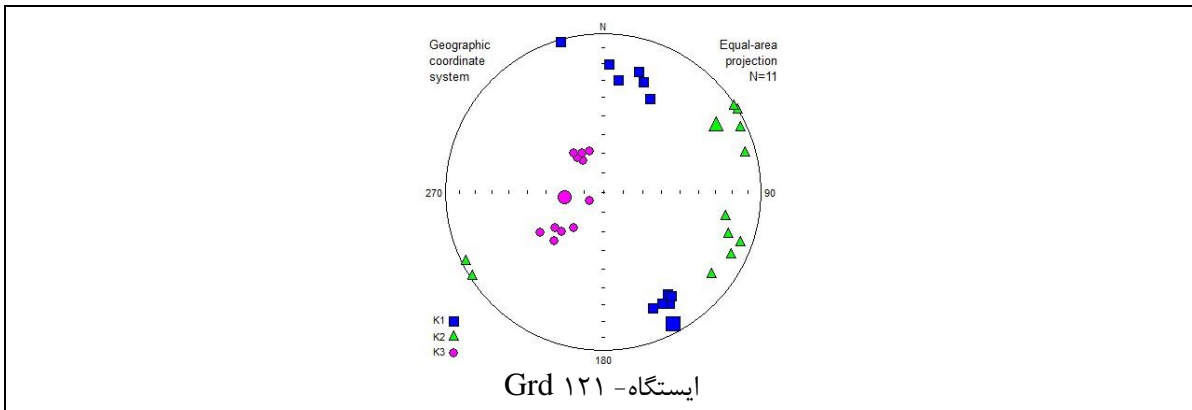


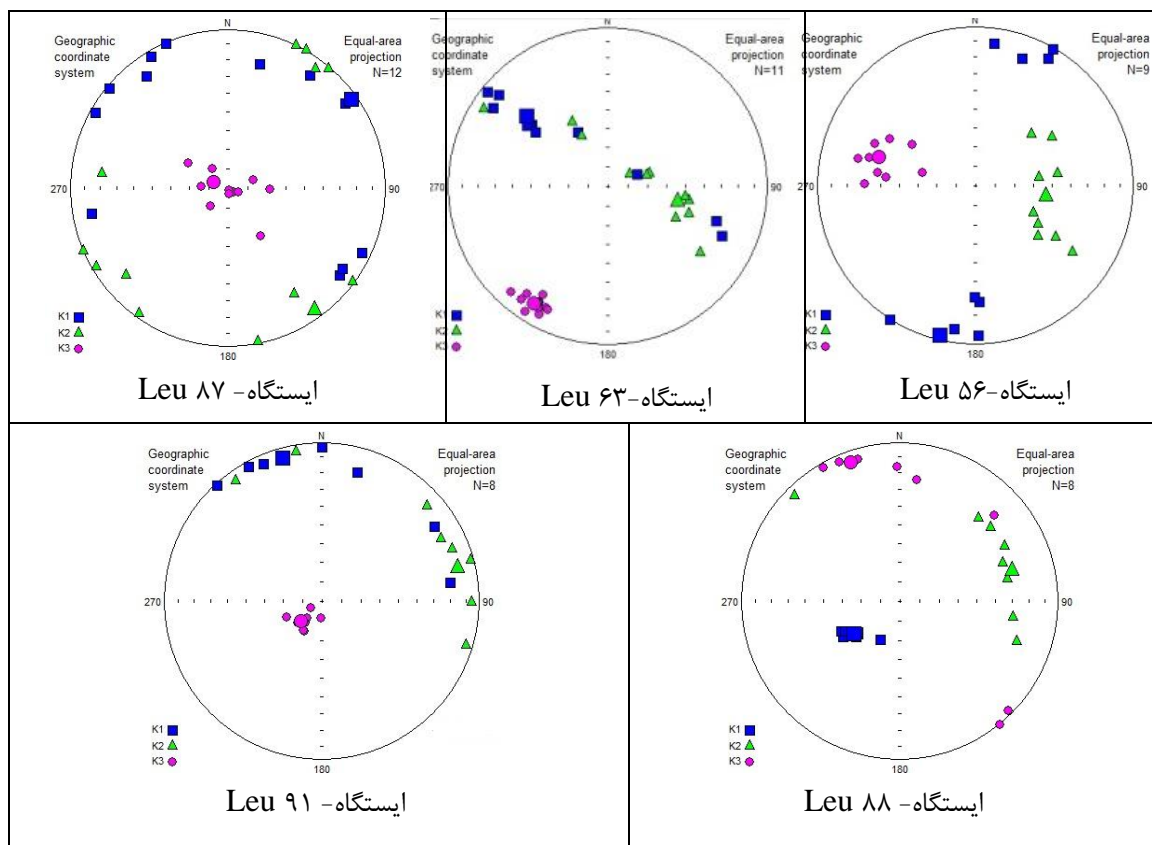




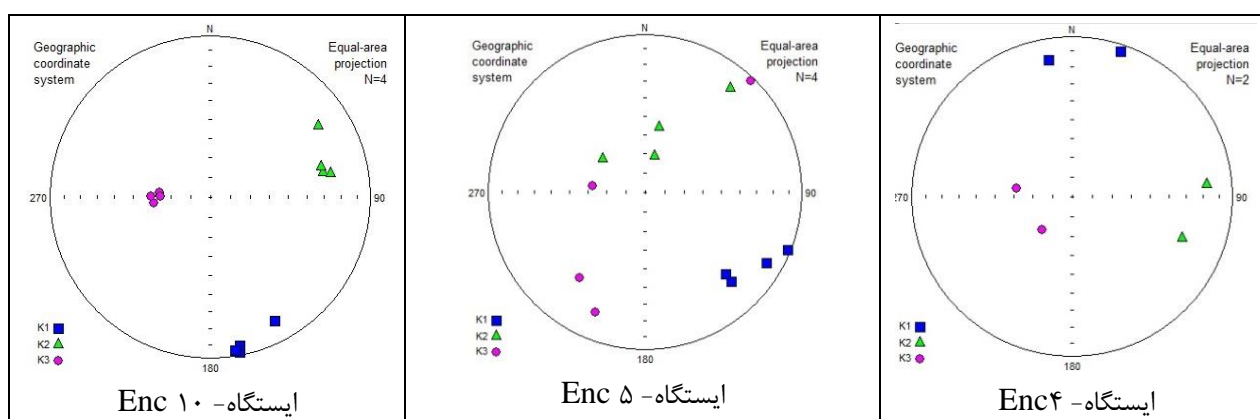


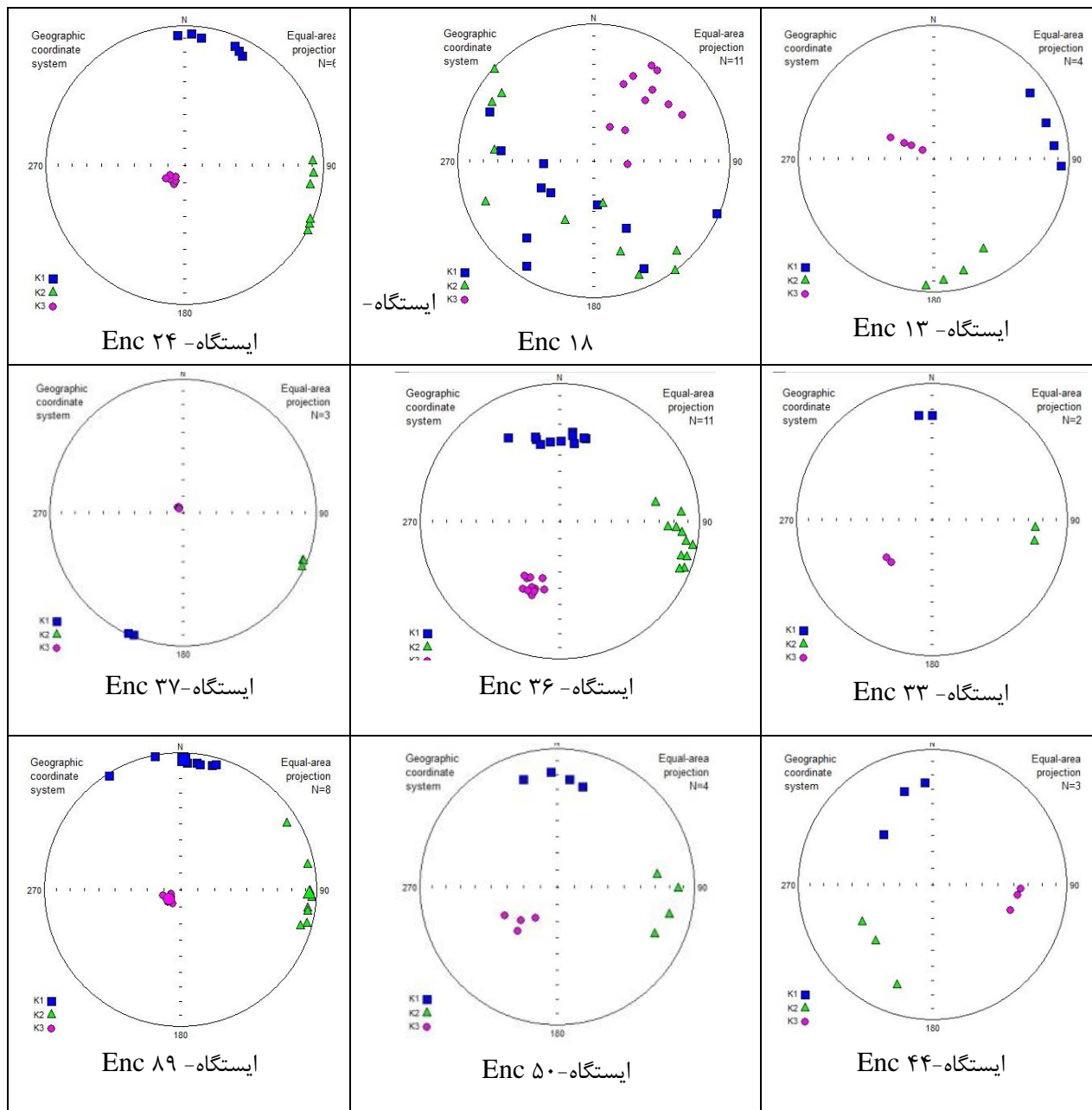




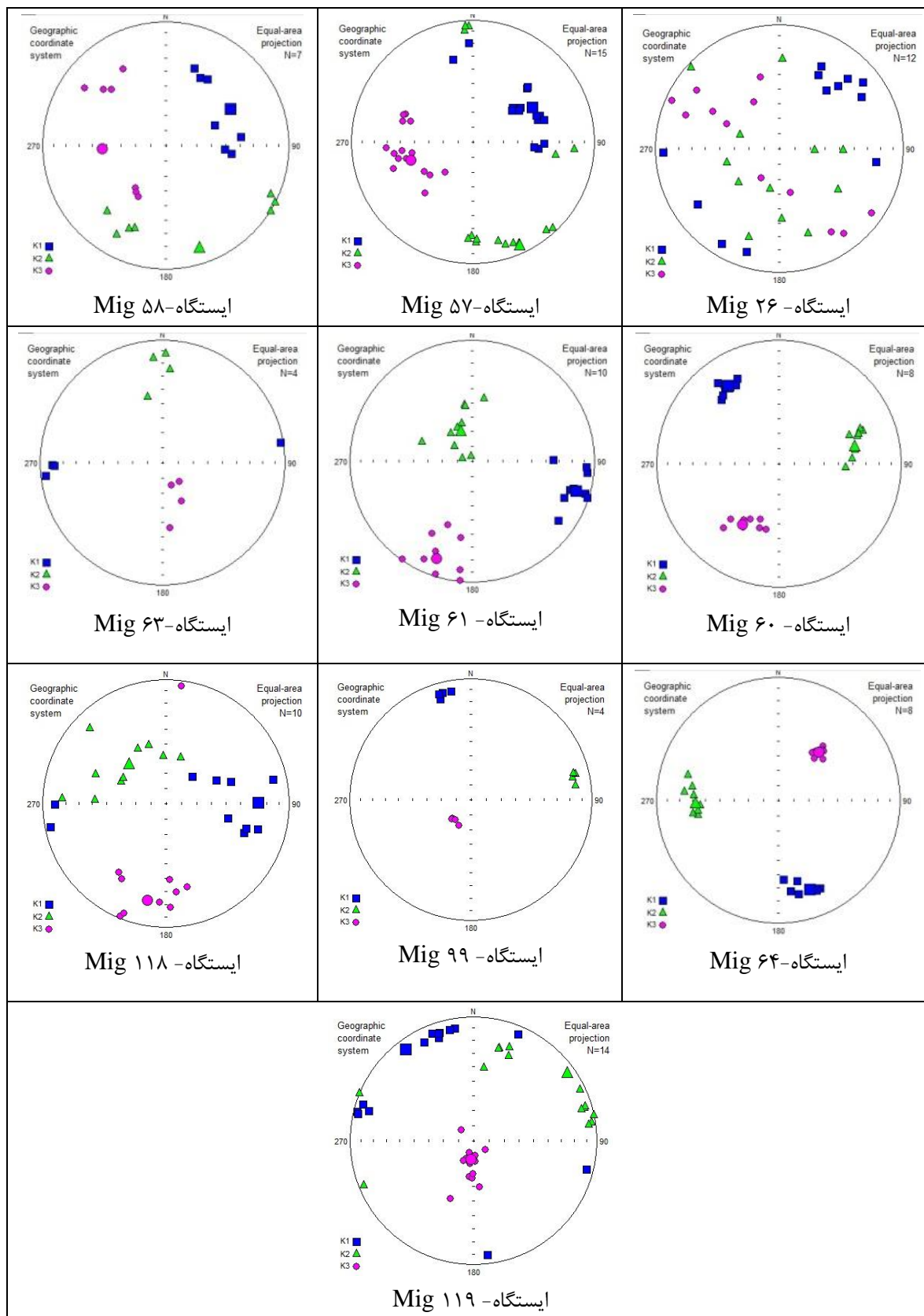


شکل ۵-۳- استریوگرام‌های ترسیم شده مبتنی بر پارامترهای مغناطیسی اندازه‌گیری با استفاده از نرم‌افزار Anisoft 4.2 در هر ایستگاه نمونه‌برداری با جنس لوکوگرانیت.

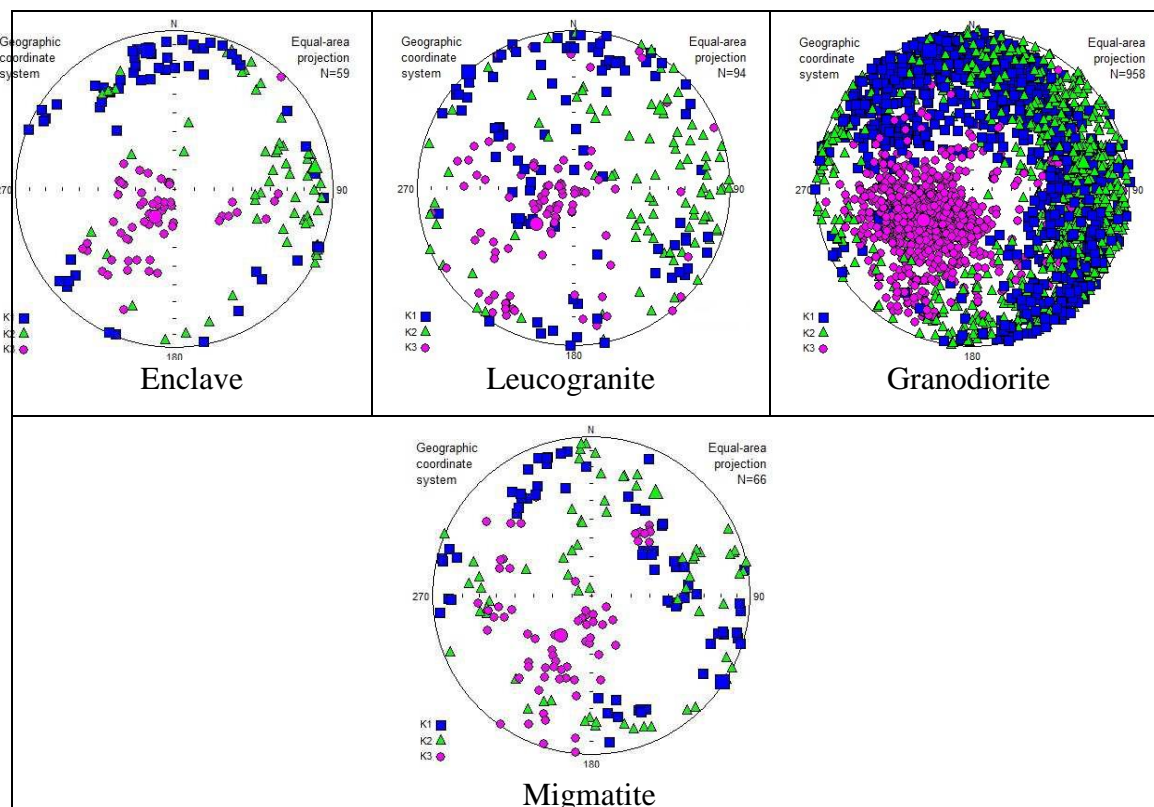




شکل ۵-۴- استریوگرام‌های ترسیم شده مبتنی بر پارامترهای مغناطیسی اندازه‌گیری با استفاده از نرم‌افزار Anisoft 4.2 در هر ایستگاه نمونه‌برداری با جنس آنکلاو.



شکل ۵-۵- استریوگرام‌های ترسیم شده مبتنی بر پارامترهای مغناطیسی اندازه‌گیری با استفاده از نرم‌افزار Anisoft 4.2 در هر ایستگاه نمونه‌برداری با جنس میگماتیت.



شکل ۵-۶- استریوگرام‌های ترسیم شده مبتنی بر پارامترهای مغناطیسی اندازه‌گیری با استفاده از نرم‌افزار Anisoft 4.2 در کل ایستگاه‌های نمونه‌بردار به ازای ترکیب سنگ‌شناسی.

## ۵-۲- بررسی نقشه‌های مغناطیسی

با استفاده از نتایج نهایی داده‌های خروجی دستگاه اندازه‌گیری خودپذیری مغناطیسی ارائه شده در جدول ۵-۱، نقشه‌های پارامترهای مغناطیسی مختلف توده گرانیتوئیدی دره‌باغ ترسیم شد. در ادامه به بحث و بررسی هر یک از نقش‌های به دست آمده خواهیم پرداخت.

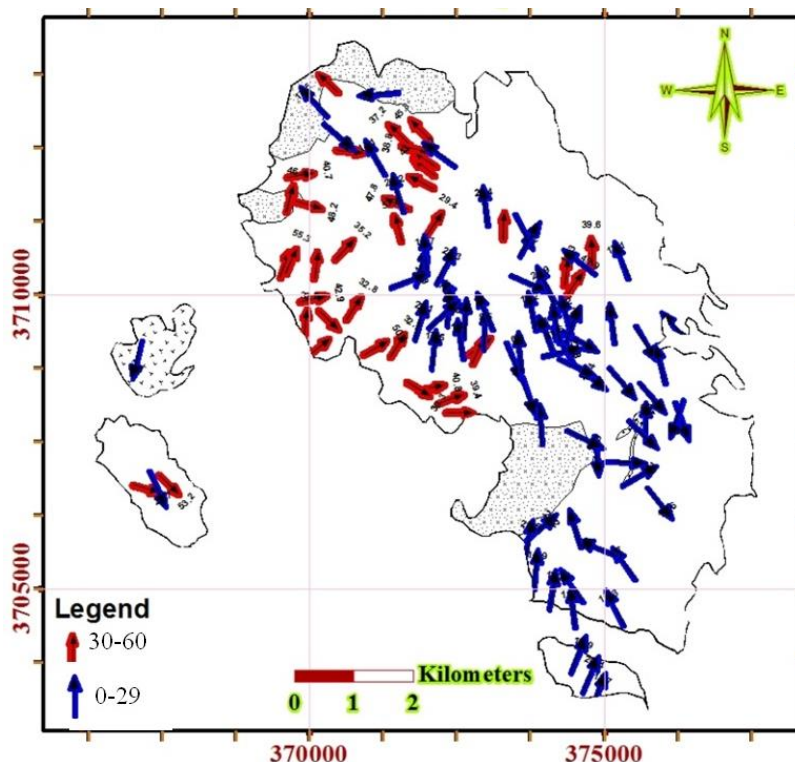
### ۵-۲-۱- نقشه خطوارگی مغناطیسی

نقشه خطوارگی مغناطیسی بر اساس مشخصات برداری پارامتر  $K_1$  یا بزرگترین محور بیضوی مغناطیسی ترسیم می‌شود. در نقشه خطوارگی مغناطیسی  $K_1$  با نماد  $\uparrow$  نمایش داده می‌شود. با توجه

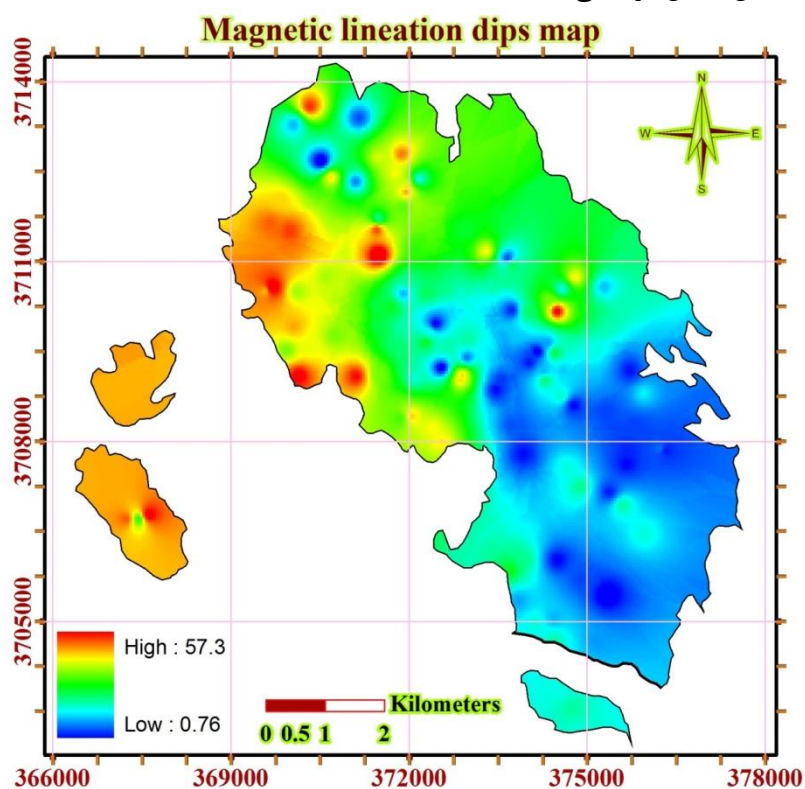
به مقادیر شیب، خطواره‌های مغناطیسی در سه دسته‌بندی استاندارد ۰ تا ۲۹، ۳۰ تا ۵۹ و ۶۰ تا ۹۰ درجه طبقه‌بندی می‌گردند و سپس با توجه به مقادیر جهت شیب و مقدار شیب این خطواره‌ها بر روی نقشه خطوارگی مغناطیسی نمایش داده می‌شوند. خطوارگی‌های مغناطیسی با استفاده از نرم‌افزار Arcmap-GIS 10 ترسیم شده‌اند و مقدار شیب آن‌ها در کنار نماد مربوطه درج گردیده است، بر این اساس، نقشه خطواره‌های مغناطیسی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ حاصل گردید (شکل ۵-۷).

با ترسیم نقشه کنتوربندی شده یا منطقه‌بندی شده شیب خطواره‌های مغناطیسی، می‌توان تغییرات شیب را آسانتر تجسم کرد. این نقشه به صورت کنتوردیاگرام در شکل ۵-۸ نشان داده شده است. بر اساس نقشه خطواره‌های مغناطیسی در اکثر مناطق توده، شیب خطواره‌ها به سمت شمال تا شمال غرب می‌باشد. بر اساس این نقشه، در اکثر مناطق در برگیرنده این توده، خطواره‌ها به سمت شمال تا شمال غرب شیب دارند. خطواره‌های مغناطیسی شمال غرب توده گرانیتوئیدی دره‌باغ از شیب زیادتری برخوردار هستند اما در سمت جنوب و مرکز توده شیب خطواره‌های مغناطیسی کم می‌باشد. با نگاهی اجمالی در می‌یابیم که مقدار شیب خطواره‌های توده گرانیتوئیدی دره‌باغ کمتر از ۶۰ درجه می‌باشد. در بخش میانی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ، در محدوده‌های به وسعت ۱۴ کیلومتر مربع که ۲۹ ایستگاه را پوشش می‌دهد، خطواره‌های مغناطیسی دارای روند متفاوتی هستند. در این محدوده خطواره‌ها دارای شیب به سمت شرق تا جنوب شرق می‌باشند (شکل ۵-۹). میانگین خطواره‌ها در این محدوده برابر است با ۳۵۸/۱۹ است.

بر اساس نقشه زمین‌شناسی و نقشه کنتوربندی شیب خطواره‌های مغناطیسی، خطواره‌های مغناطیسی شمال غرب توده گرانیتوئیدی دره‌باغ از شیب زیادتری برخوردار هستند اما در سمت جنوب و مرکز توده شیب خطواره‌های مغناطیسی کم می‌باشد. با نگاهی اجمالی به نقشه‌های تهیه شده در می‌یابیم که مقدار شیب خطواره‌های توده گرانیتوئیدی دره‌باغ کمتر از ۶۰ درجه می‌باشد.

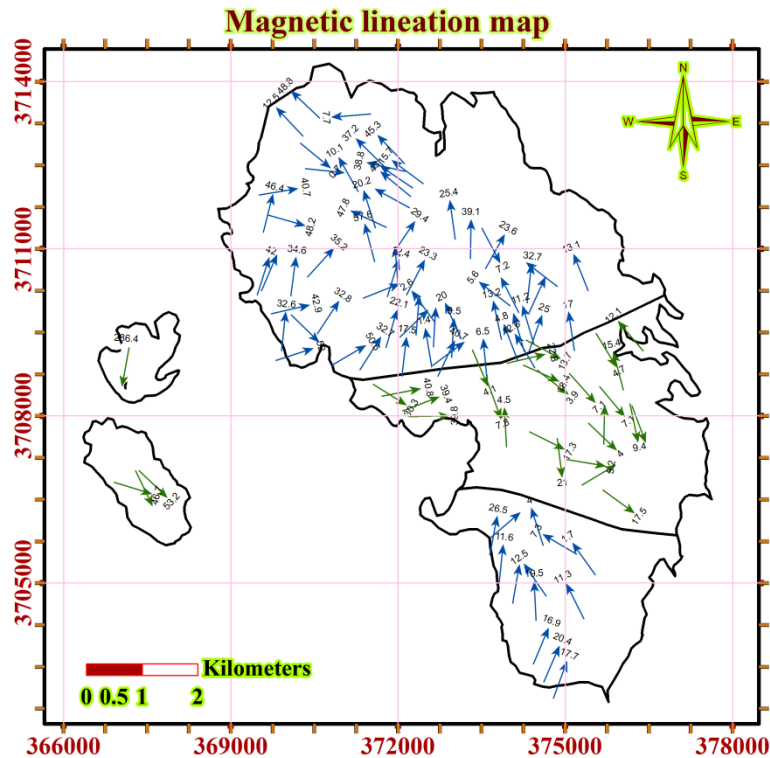


شکل ۵-۷- نقشه خطواره‌های مغناطیسی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ مبنی بر مشخصات K1. توجه نمائید که روند اکثر خطواره‌ها به سمت شمال-شمال غرب می‌باشند.



شکل ۵-۸- نقشه کنتربندی تغییرات شیب خطواره‌های مغناطیسی. تغییرات شیب به صورت یک دامنه تغییرات رنگی از آبی تا قرمز به ترتیب معرف کمترین تا بیشترین شیب نشان داده شده است (برای توضیحات بیشتر به متن مراجعه کنید).



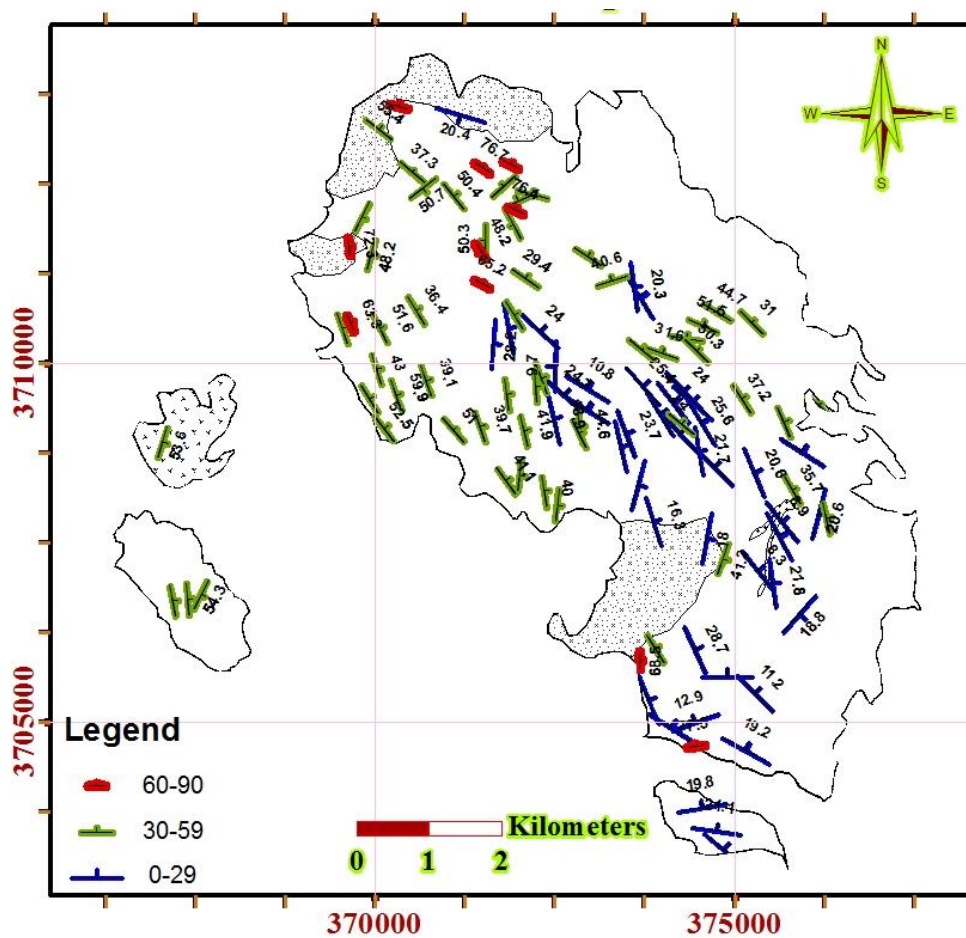


شکل ۵-۹- نقشه خطواره‌های مغناطیسی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ. در بخش میانی توده، خطواره‌های مغناطیسی روند متفاوتی را نشان می‌دهند.

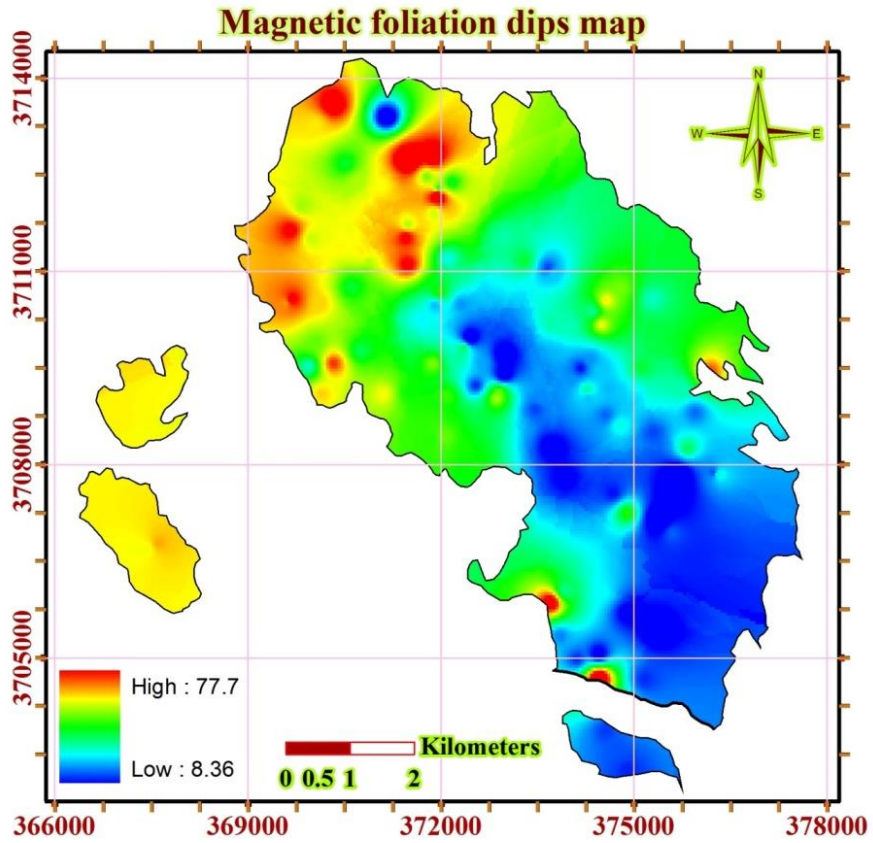
### ۵-۲-۲- نقشه برگواره‌های مغناطیسی

K3 یا کوچکترین محور بیضوی مغناطیسی، نشان‌دهنده قطب برگواره‌های مغناطیسی می‌باشد. بر اساس پارامتر K3 ارائه شده در جدول ۵-۱ برگواره‌های مغناطیسی، نقشه برگواره‌های مغناطیسی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ ترسیم گردید (شکل ۵-۱۰). برگواره‌ها با نماد  $\perp$  نشان داده شده‌اند، خط بزرگ معرف امتداد و خط کوچک نشان دهنده جهت شیب می‌باشد. مقدار زاویه شیب هر ایستگاه به صورت عدد، در کنار نماد آن درج گردیده شده است. در شکل ۵-۱۱ و ۵-۱۲ تغییرات مقادیر شیب برگواره‌های مغناطیسی، به صورت تغییرات یک طیف رنگی از  $۸/۳۶$  تا  $۷۷/۷$  و در سه دسته‌بندی استاندارد نشان داده شد. برگوارگی‌ها دارای امتداد شمال جنوبی تا شمال غرب-جنوب شرق می‌باشند و در سمت شمال غرب، برگواره‌های مغناطیسی از شیب بیشتری برخوردارند. شیب برگواره‌های مغناطیسی عمدتاً به سمت شرق، شمال شرق می‌باشد. این موضوع توسط مطالعات صحرایی و

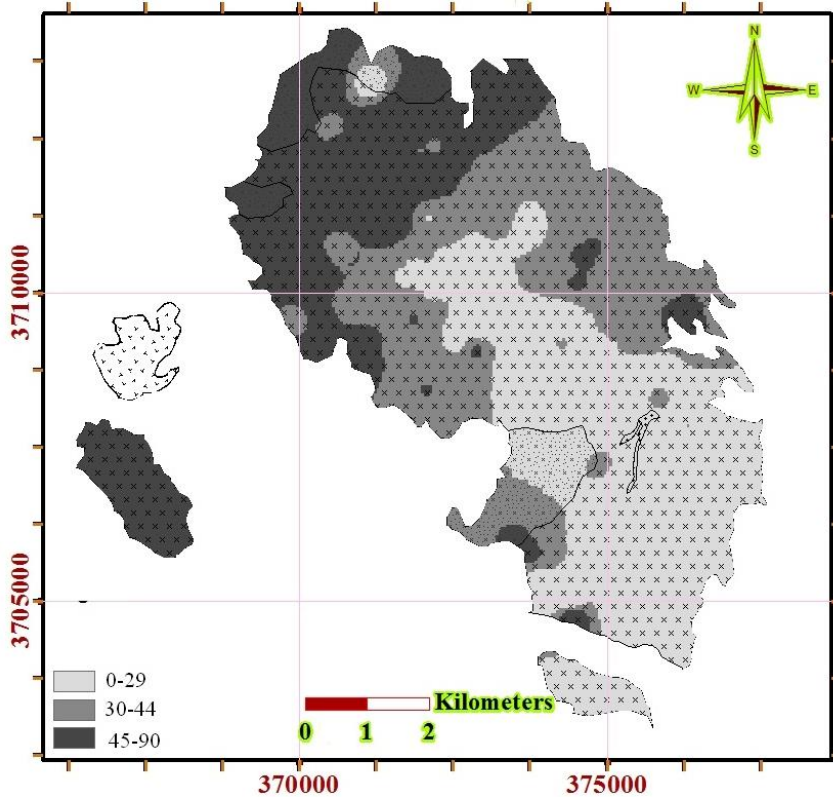
اندازه‌گیری شیب و امتداد برگواره‌های ماگمایی در مقیاس صحرائی در برخی از ایستگاه‌های نمونه‌برداری نیز تأیید می‌گردد (شکل ۵-۱۳). بر خلاف وضعیت خطواره‌های مغناطیسی، برگواره‌های مغناطیسی در کل توده از وضعیت تقریباً یکسانی برخوردار هستند. این امر بیانگر آنست که سازوکار کلی تشکیل این توده گرانیتوئیدی یکسان است، ولی در طی دوره تشکیل خود با تغییرات اندکی همراه بوده است.



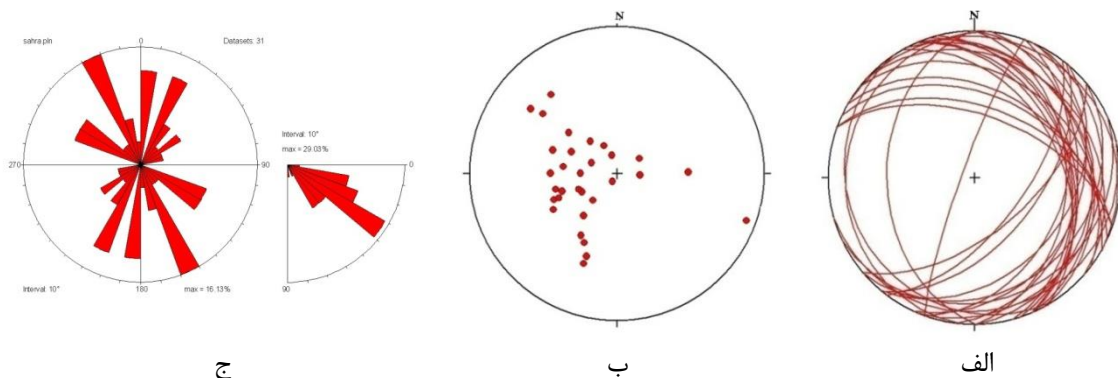
شکل ۵-۱۰- نقشه نشان‌دهنده وضعیت برگواره‌های مغناطیسی توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ. توجه نمائید غالباً برگوارگی‌ها دارای امتداد شمال جنوبی تا شمال غرب-جنوب شرق می‌باشند و شیب آن‌ها نیز عمدتاً به سمت شرق، شمال شرق می‌باشد.



شکل ۵-۱۱- نقشه نشان‌دهنده تغییرات شیب برگواره‌های مغناطیسی به صورت یک طیف رنگی. مقادیر شیب برگوارگی‌ها از حدود ۸ تا ۸۸ درجه تغییر می‌کند.



شکل ۵-۱۲- نقشه ساده شده تغییرات شیب برگواره‌های مغناطیسی.

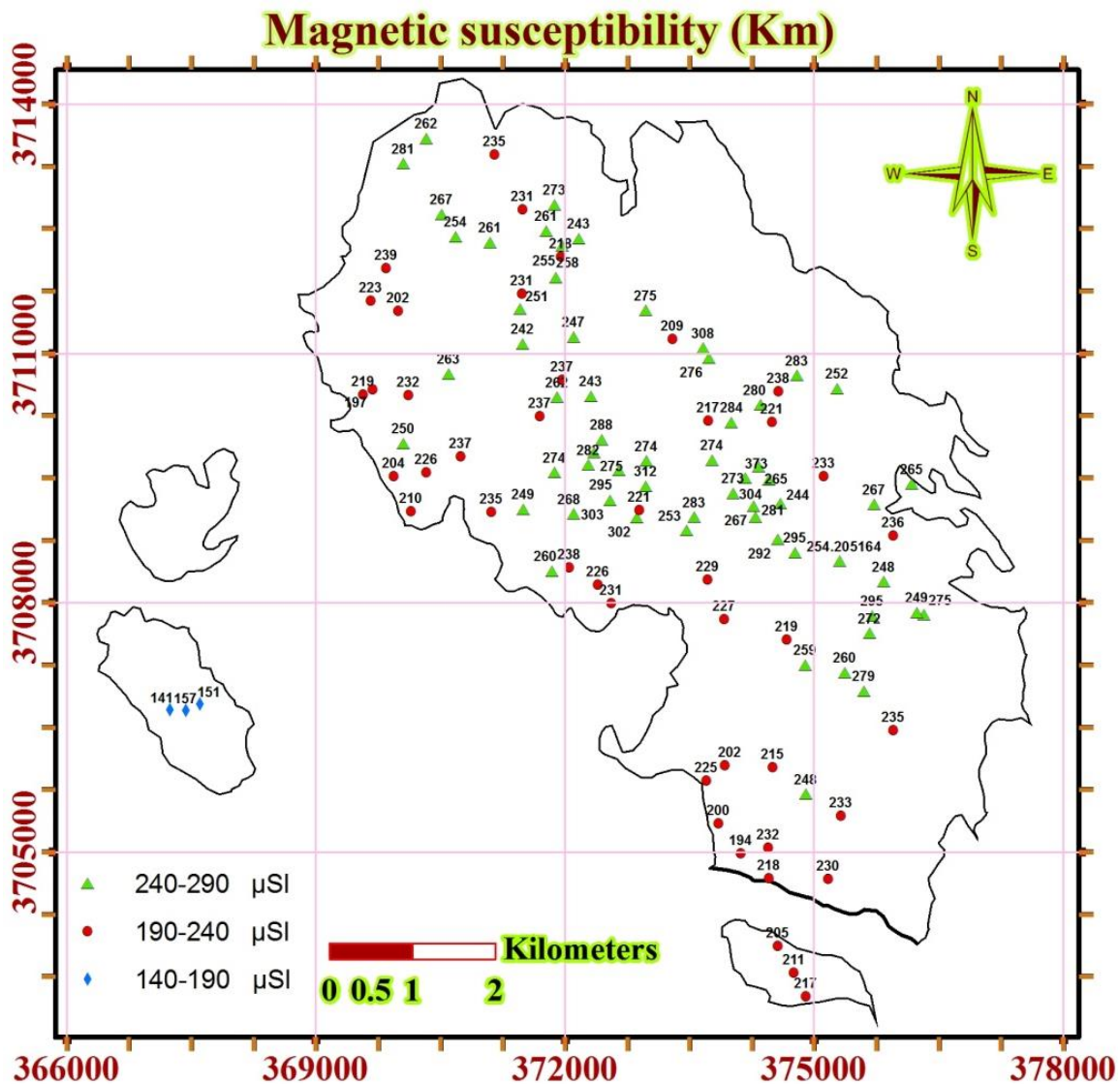


شکل ۵-۱۳- تصاویر استریوگرام معرف اندازه‌گیری شیب و جهت شیب فولیاسیون‌های برداشت شده در صحرا. الف- استریوگرام نشان‌دهنده صفحه فولیاسیون، ب- استریوگرام مبین قطب فولیاسیون‌ها ، ج- رزیداگرام معرف وجود امتداد شمال غرب-جنوب شرق فولیاسیون‌ها.

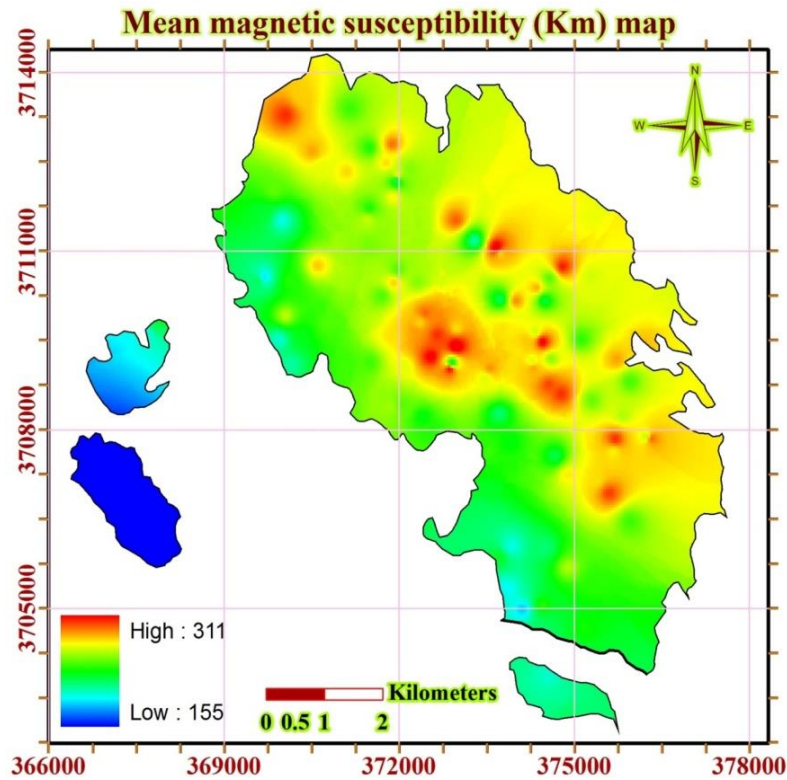
### ۵-۲-۳- نقشه خودپذیری مغناطیسی میانگین

خودپذیری مغناطیسی میانگین از جمله پارامترهای مهم در انجام کارهای فابریک مغناطیس می‌باشد. از این پارامتر در تعبیر و تفسیرهای ویژگی‌های مختلف از جمله تغییرات فراوانی کانی‌های مغناطیسی و شناخت احتمالی انواع آن‌ها استفاده می‌شود. با توجه به مقادیر خودپذیری مغناطیسی میانگین در هر ایستگاه (ارائه شده در جدول ۵-۱) نقشه خودپذیری مغناطیسی میانگین به صورت مقادیر عددی حاصل شد (شکل ۵-۱۴). این مقادیر در سه گروه  $140 \mu SI$  تا  $190 \mu SI$ ،  $190 \mu SI$  تا  $240 \mu SI$  و  $240 \mu SI$  تا  $290 \mu SI$  دسته‌بندی شده‌اند تا تغییرات آن‌ها ملموس‌تر باشد. با ترسیم نقشه پهنه‌بندی  $K_m$ ، نقشه‌ای حاصل شد که فهم تغییرات  $K_m$  در آن به مراتب آسان‌تر می‌باشد (شکل‌های ۵-۱۵ و ۵-۱۶). مناطق دارای  $K_m$  بزرگتر از نظر لیتولوژی با فراوانی بیشتر بیوتیت و حضور فازهای آهن‌دار و اوپک نظیر ایلمنیت در درجه اول و کانی‌های حاصل از هوازدگی آن‌ها، سازگار است. از این رو بین این پارامتر و ترکیب سنگ‌شناسی منطقه انطباق روشنی وجود دارد. با توجه به نقشه‌های بدست آمده بخش‌های مرکزی توده از  $K_m$  بیشتری برخوردار هستند که علت آن فراوانی بیشتر بیوتیت در این مناطق می‌باشد. مطالعات میکروسکوپی این امر را تأیید می‌کند.

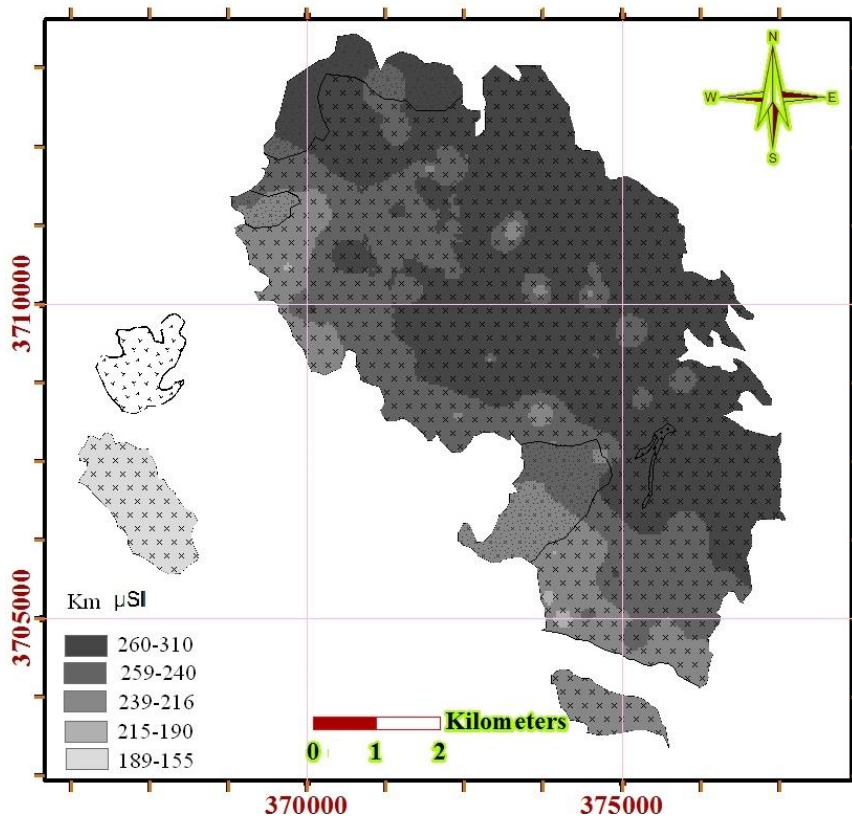
با توجه به مقادیر  $K_m$  در گروه‌های سنگی مختلف و با توجه به تغییرات این پارامتر، تأثیرات حضور یا عدم حضور کانی‌های مغناطیسی روشن می‌گردد. آنکلاوها به علت دارا بودن مقدار زیادی بیوتیت و کمی مگنتیت از  $K_m$  بالایی برخوردار هستند. در گرانودیوریت‌ها، کانی بیوتیت به عنوان تنها کانی مهم مغناطیسی و به همراه ایلمنیت از  $K_m$  کمتری نسبت به آنکلاوها برخوردارند و لوکوگرانیت‌ها به علت عدم حضور کانی‌های مغناطیسی یا نادر بودن این کانی‌ها،  $K_m$  بسیار پایین‌تر، حتی منفی دارند و در نتیجه از لحاظ مقدار خودپذیری مغناطیسی میانگین، کمترین این مقدار را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۵-۱۴- نقشه مقادیر خودپذیری مغناطیسی میانگین در هر ایستگاه مغزه‌گیری.



شکل ۵-۱۵- نقشه تغییرات خودپذیری مغناطیسی میانگین (پارامتر  $K_m$ ) به صورت طیف‌رنگی، به راهنمای نقشه توجه فرمایید.



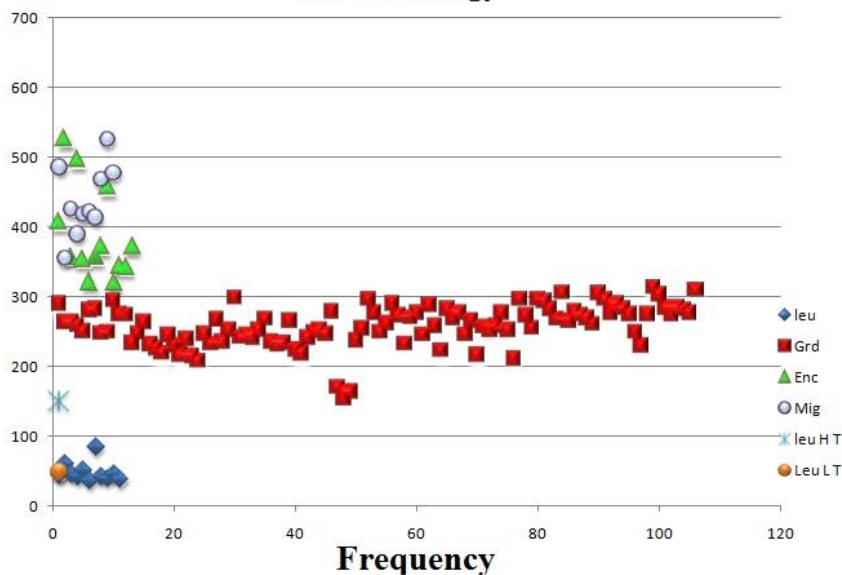
شکل ۵-۱۶- نقشه ساده شده تغییرات خودپذیری مغناطیسی میانگین.

مغزه برداری در توده گرانیتوئیدی دره‌باغ در ۱۲۱ ایستگاه انجام گرفت که در نهایت تعداد ۳۲۵ مغزه جهت دار برداشت گردید. در جدول ۲-۵ تعداد ایستگاه‌های نمونه برداری به همراه ترکیب سنگ‌شناسی مختلف و تعداد قطعات حاصل شده از آن‌ها ارائه گردیده است. لازم به ذکر است که به جهت تنوع ترکیب سنگ‌شناسی، در چندین ایستگاه، مغزه‌هایی با ترکیب سنگی متفاوت برداشت گردیده است به همین خاطر، در جدول ارائه شده تعداد ایستگاه‌ها بیش از ۱۲۱ ایستگاه نشان می‌دهد. همانطور که عنوان شد، بیشترین تعداد مغزه‌های برداشت شده از جنس گرانودیوریت می‌باشد. بیشترین مقدار متوسط خودپذیری مغناطیسی میانگین توده دره‌باغ  $511 \mu SI$  در ایستگاه ۱۱۸ مربوط به میگماتیت‌ها و کمترین مقدار آن  $23 \mu SI$  در ایستگاه ۵۶ مربوط به واحد سنگی لوکوگرانیتی می‌باشد (شکل ۵-۱۷). مقدار متوسط خودپذیری مغناطیسی میانگین توده دره‌باغ در میگماتیت‌ها ۴۳۷، آنکلاوها ۳۸۶، گرانودیوریت‌ها ۲۵۷، لوکوگرانیت‌ها ۴۷، لوکوگرانیت‌های با تورمالین زیاد ۱۴۸ و لوکوگرانیت‌های کم تورمالین ۴۸ می‌باشد (شکل ۵-۱۸). مقادیر  $K_m$  به دست آمده، بر این امر دلالت می‌کند که توده گرانیتوئیدی دره‌باغ، در زمره گرانیتوئیدهای پارامغناطیس ( $0 < K_m < 500 \mu SI$ ) قرار می‌گیرد که این میزان با حضور کانی بیوتیت و ایلمنیت در سنگ‌های گرانودیوریتی توده سازگار می‌باشد (شکل ۵-۱۹). توده‌های گرانیتوئیدی با ویژگی‌های اشاره شده در زمره گرانیتوئیدهای نوع S قرار می‌گیرد، نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی (شکل ۵-۲۰) در منطقه مورد مطالعه نیز این موضوع را تأیید می‌کند (باغبانی، ۱۳۸۹).

جدول ۲-۵- ارائه آماری تعداد مغزه‌ها و ایستگاه‌های برداشت مغزه با تفکیک ترکیب سنگ‌شناسی.			
تعداد نمونه	تعداد مغزه	تعداد ایستگاه	جنس مغزه
۹۵۱	۲۶۱	۱۰۶	گرانودیوریت
۹۳	۲۵	۱۱	لوکوگرانیت
۶۵	۲۱	۱۳	آنکلاو
۹۱	۱۸	۱۰	میگماتیت

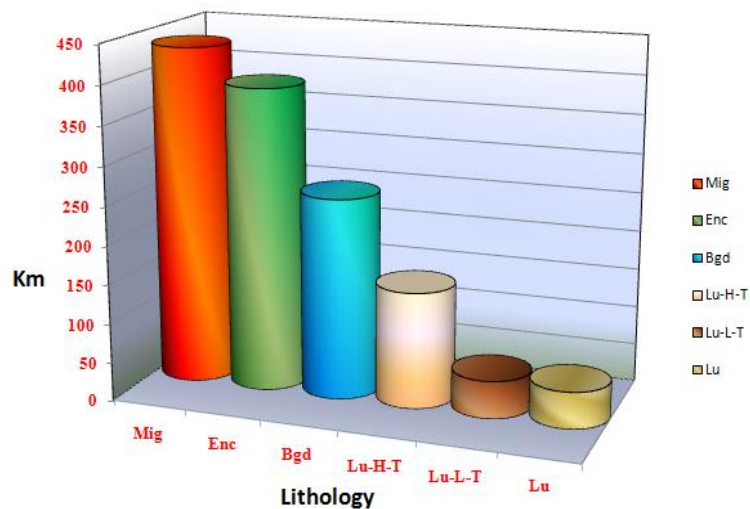
حامل اصلی خاصیت مغناطیسی در توده گرانیتوئیدی دره‌باغ، بیوتیت می‌باشد و از این رو تغییرات مقادیر  $K_m$  با تغییرات فراوانی این کانی مرتبط است. حضور کانی‌هایی نظیر هورنبلند سبز (به مقدار کم) و بیوتیت و اوپک در میگماتیت‌ها عامل اصلی بالا بودن میزان  $K_m$  در آن‌ها می‌باشد آنکلاوها نیز به علت دارا بودن بیوتیت فراوان و کانی‌های اوپک بعد از میگماتیت‌ها، از  $K_m$  بالایی برخوردارند. از گرانودیوریت‌ها به سمت لوکوگرانیت‌ها، با کمتر شدن میزان کانی‌های دارای ویژگی‌های مغناطیسی به خصوص بیوتیت، مقدار  $K_m$  کاهش می‌یابد. نمودار نشان‌دهنده واحدهای سنگی در ارتباط با فراوانی آن‌ها در شکل ۵-۲۱ نشان داده شده است همانطور که از این شکل استنباط می‌شود گرانودیوریت‌ها، فراوانترین گروه سنگی هستند. با توجه به این نمودار و مطالعات پتروگرافی انجام گرفته، نتیجه می‌گیریم که گرانودیوریت‌ها از ذوب واحدهای سنگی دگرگونی حاصل شده‌اند. قطعاتی از این سنگ‌های دگرگونی همراه، به صورت آنکلاو در گرانودیوریت‌ها مشاهده می‌شوند. توضیحات بیشتر در این ارتباط در فصل سوم ارائه شده است.

**Km-Lithology**

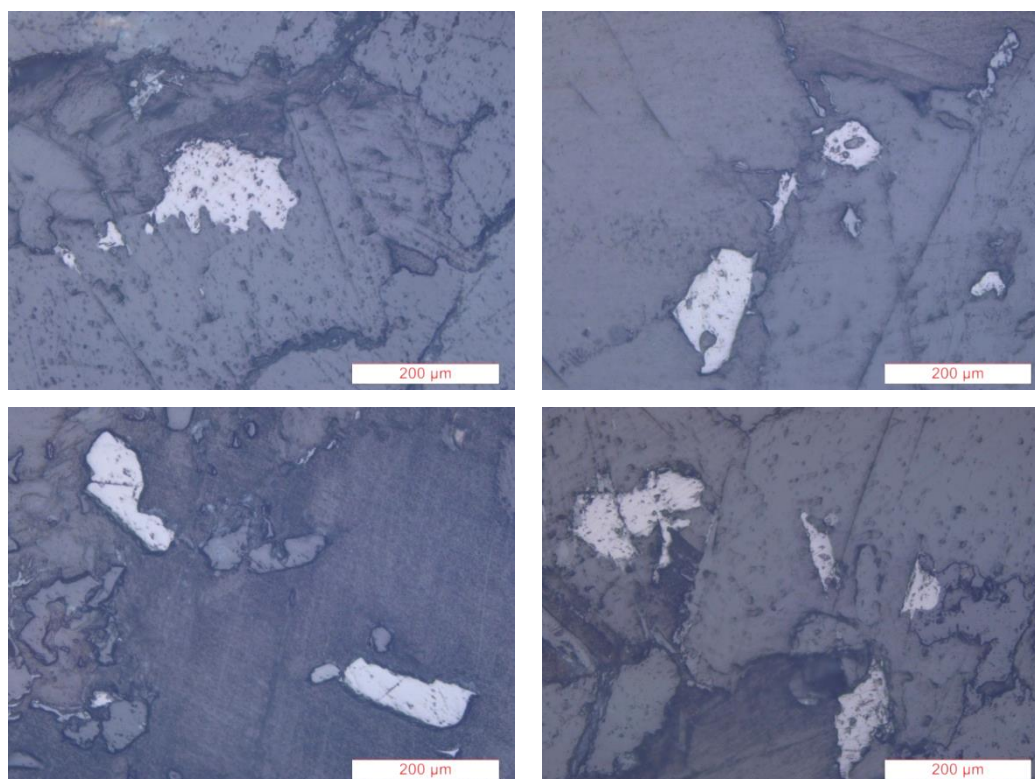


شکل ۵-۱۷- تغییرات مقادیر خودپذیری مغناطیسی میانگین نمونه‌های دارای ترکیب سنگ‌شناسی مختلف مطالعه شده به ازای هر ایستگاه. به تفکیک جالب مقادیر  $K_m$  به ازای گروه‌های ترکیب سنگی مختلف توجه نمائید. لوکوگرانیت‌ها دارای کمترین مقادیر  $K_m$  و آنکلاوها و میگماتیت‌ها دارای بیشترین مقادیر  $K_m$  می‌باشند (برای توضیح بیشتر به متن مراجعه کنید).

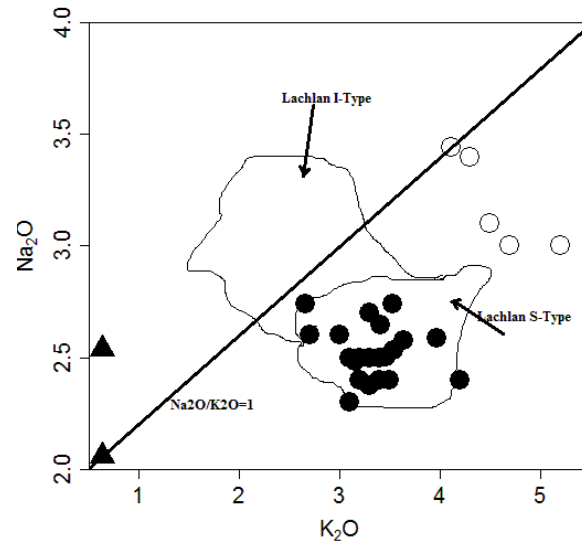




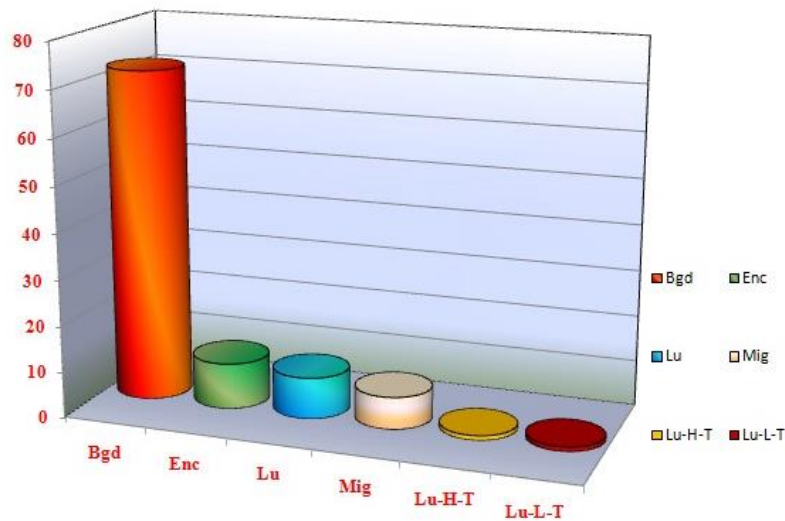
شکل ۵-۱۸ - هیستوگرام تغییرات مقادیر خودپذیری مغناطیسی میانگین ( $K_m$ ) در گروه‌های سنگی مختلف سازنده توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ. همانطور که از این تصویر استنباط می‌شود میگماتیت‌ها و آنکلاوهای سورمیکاسه متاپلیتی دارای بیشترین مقادیر  $K_m$  هستند و در مقابل لوکوگرانیت‌ها، به ویژه انواع فاقد تورمالین آن‌ها دارای کمترین مقادیر  $K_m$  هستند.



شکل ۵-۱۹ - تصاویر میکروسکوپی از نمونه‌های صیقلی توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ. در این تصاویر وجود کانی ایلمنیت در گرانودیوریت‌ها اثبات می‌شود.



شکل ۵-۲۰- نمودار  $\text{Na}_2\text{O}$  در مقابل  $\text{K}_2\text{O}$ . مقایسه نمونه‌های مورد مطالعه با توده‌های گرانیتوئیدی نوع I و S نوار چین خورده لیچلان (وایت و چاپل، ۱۹۸۳) نشان دادند که توده گرانیتوئیدی کاملاً با محدوده گرانیتوئیدهای نوع S نوار چین خورده لیچلان مطابقت می‌نمایند. نمونه‌های گرانیتی به علت داشتن  $\text{Na}_2\text{O}$  و  $\text{K}_2\text{O}$  بیشتر و تفریق یافتگی بیشتر در خارج از این محدوده واقع شده‌اند. البته با توجه به شواهد صحرایی و پتروگرافی، این امر تعلق داشتن آنها به گرانیتوئیدهای نوع S را نفی نمی‌کند



شکل ۵-۲۱- نمودار نشان‌دهنده ترکیبات سنگ‌شناسی مختلف در ارتباط با فراوانی آنها. همانطور که از این شکل استنباط می‌شود گرانودیوریت‌ها، فراوانترین گروه سنگی هستند.

جهت تعیین حامل اصلی رفتار مغناطیسی در توده گرانیتوئیدی دره‌باغ ۷ نمونه معرف ترکیبات سنگی متفاوت انتخاب و پودر گردید و به آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کشور ارسال گردید. چهار نمونه گرانودیوریت، دو نمونه لوکوگرانیت تورمالین‌دار و یک نمونه میگماتیت بدین منظور انتخاب گردید.

جدول ۳-۵ نمونه‌های ارسال شده به آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کشور جهت تعیین حامل اصلی رفتار مغناطیسی توسط دستگاه CS3

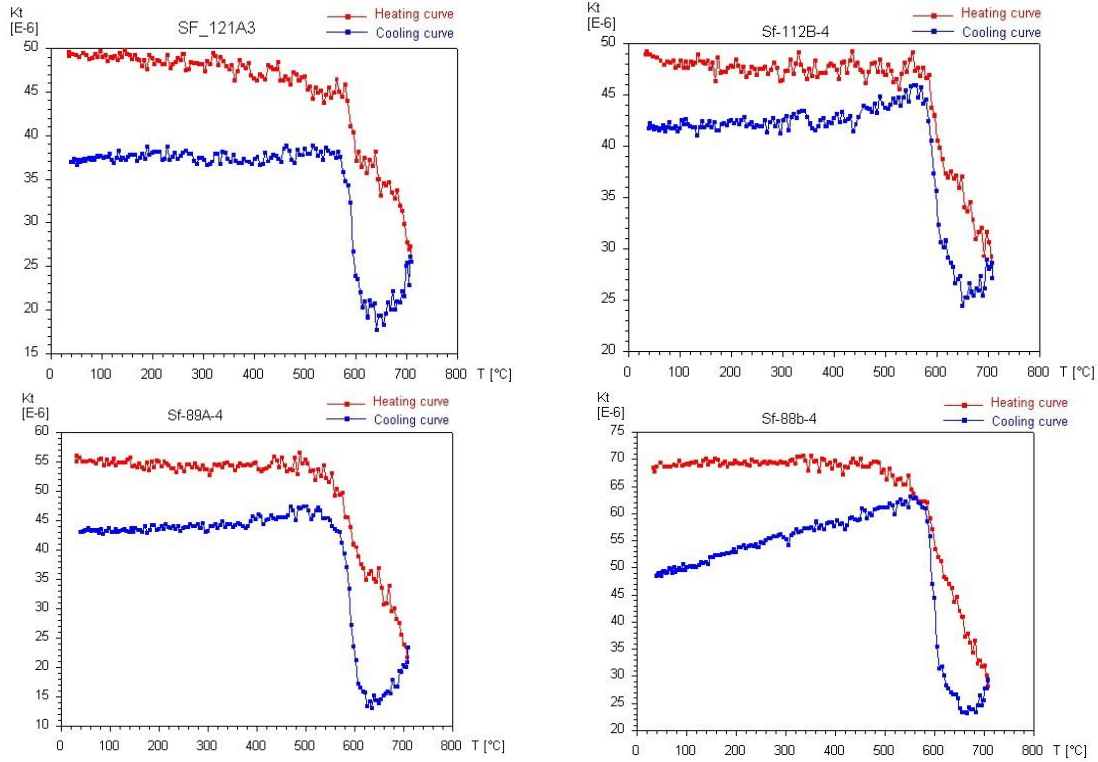
نمونه	ایستگاه
گرانودیوریت	۱۲۱ A، ۱۱۲B، ۹۳ B، ۸۹ A
لوکوگرانیت تورمالین‌دار	۸۸ B، ۵ B
میگماتیت	۱۱۹ C

این نمونه‌ها در دستگاه CS3 که یکی از بخش‌های جانبی دستگاه اندازه‌گیری خودپذیری مغناطیسی است. از دمای اتاق تا دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده‌اند. این دستگاه، مقادیر خودپذیری مغناطیسی را همزمان با گرم شدن نمونه سنگی اندازه‌گیری می‌کند و به صورت نمودار (گراف) نشان می‌دهد. نمودارهای حاصله که به نمودار ترمومگنتیت معروف می‌باشند بر روی کامپیوتر با فایل نوع Cursor ذخیره و توسط نرم‌افزار 8 Cureval قابل اجرا می‌باشد.

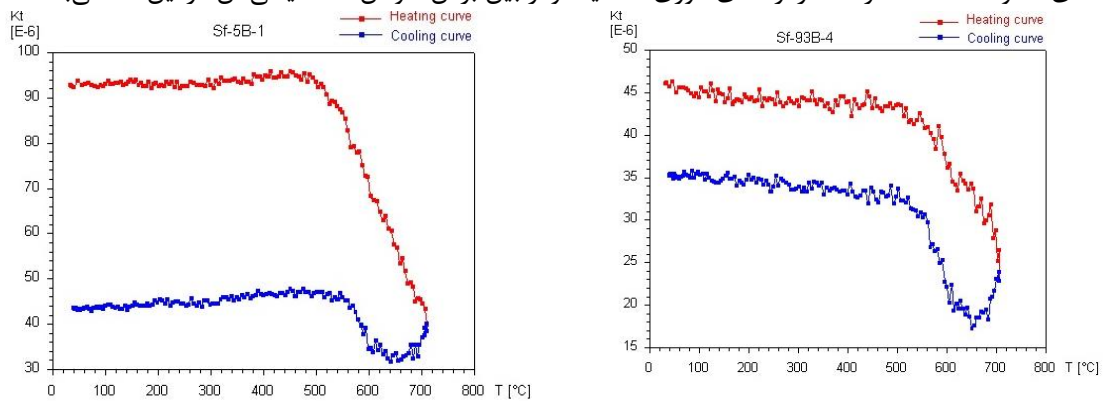
نمودارهای حاصل شده در این روش در شکل‌های ۵-۲۲ تا ۵-۲۵ نشان داده شده‌اند. در این نمودارها دو مسیر یا منحنی وجود دارد. منحنی قرمز رنگ مبین مرحله گرم‌شدن (Heating curve) نمونه و منحنی با رنگ آبی، مرحله سرد شدن (Cooling curve) نمونه را نشان می‌دهد. با توجه به نمودارهای ارائه شده، اثبات گردید که بیوتیت حامل اصلی رفتار مغناطیسی در نمونه‌های توده گرانیتوئیدی دره‌باغ می‌باشد. آزمایش در این دستگاه در حضور گاز آرگون صورت می‌گیرد لیکن احتمال اکسیدشدن و تبدیل بیوتیت به مگنتیت بسیار ضعیف می‌باشد، از این رو می‌توان نتیجه گرفت که مقدار مگنتیت موجود در این سنگ‌ها بسیار کم و بسیار دانه‌ریز می‌باشد. وجود مگنتیت در گرانیتوئیدهای پارامغناطیس طبیعی بوده و از نظر حجمی و وزنی دارای مقدار کمی هستند. در گرانیتوئیدهای دارای مگنتیت‌های ریز، حامل اصلی انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی در شدت میدان پایین، فیلسلیکات‌های پارامغناطیس می‌باشد (برادیاال و ورنر<sup>۱</sup>، ۱۹۹۴؛ بوشه، ۲۰۰۰). در این نوع

1- Borradaile G.J. Werner

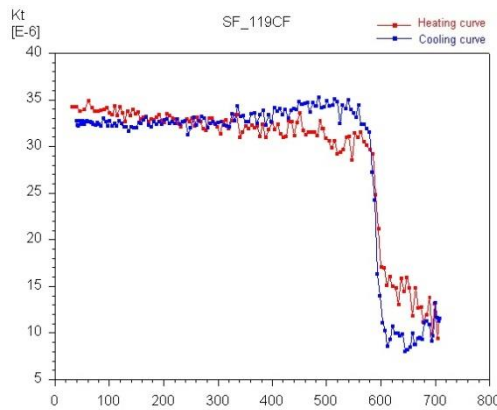
گرانیتوئیدها منحنی‌های گرم و سرد کردن نمونه‌ها، افت شدیدی را در دمای ۵۸۰ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد (نگوما، ۲۰۰۲).



شکل ۵-۲۲- نمودار خودپذیری مغناطیسی و دما در نمونه‌های گرانودیوریتی با استفاده از دستگاه CS3 انجام شده در آزمایشگاه محیط دیرینه سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. کاهش بسیار شدید خودپذیری مغناطیسی در دمای حدود  $580^{\circ}\text{C}$  معرف گذر از دمای کوری مگنتیت و از بین بردن خواص مغناطیسی آن در این دما می‌باشد.



شکل ۵-۲۴- نمودار خودپذیری مغناطیسی در مقابل دما برای یک نمونه لوکوگرانیتی تورمالین‌دار با استفاده از دستگاه CS3.



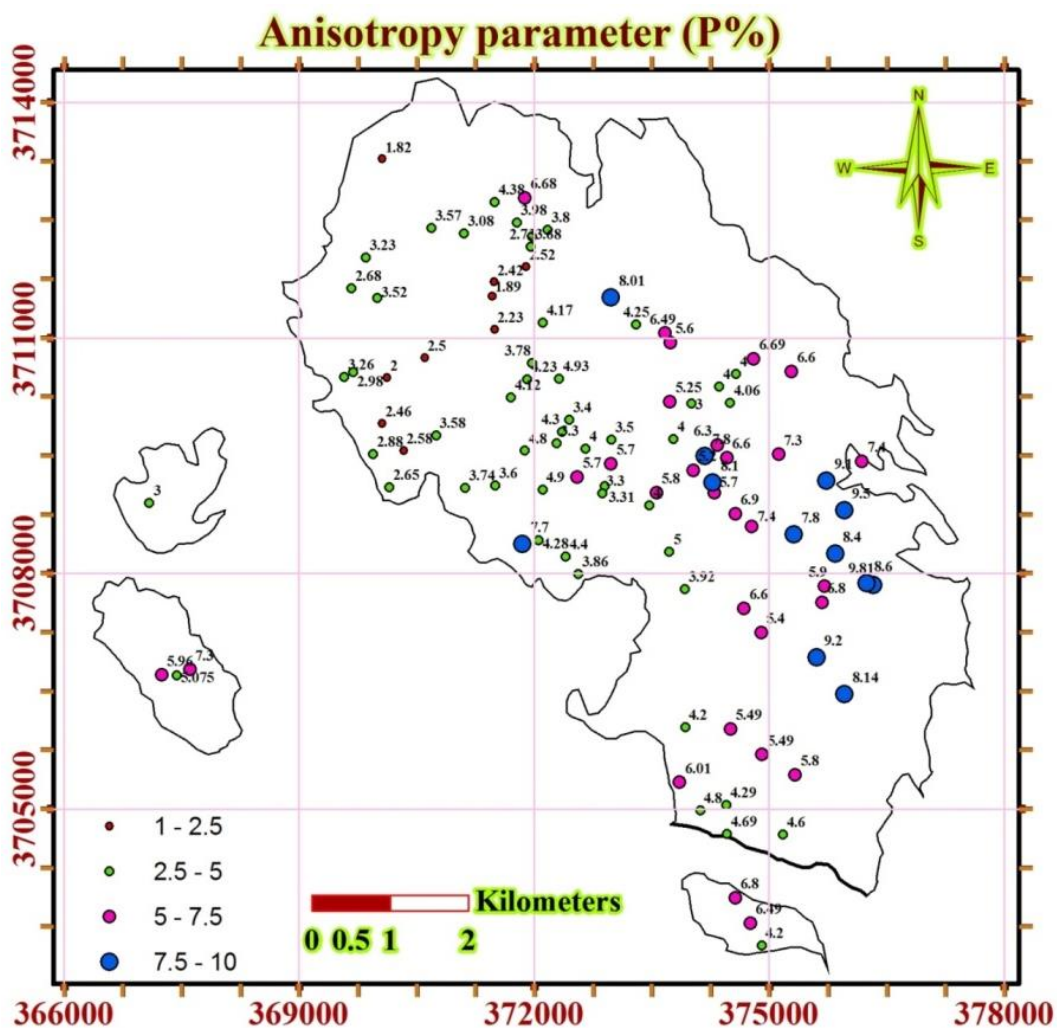
شکل ۵-۲۵- نمودار خودپذیری مغناطیسی در مقابل دما برای یک نمونه میگماتیتی با استفاده از دستگاه CS3.

#### ۵-۲-۴- نقشه درصد انیزوتروپی P

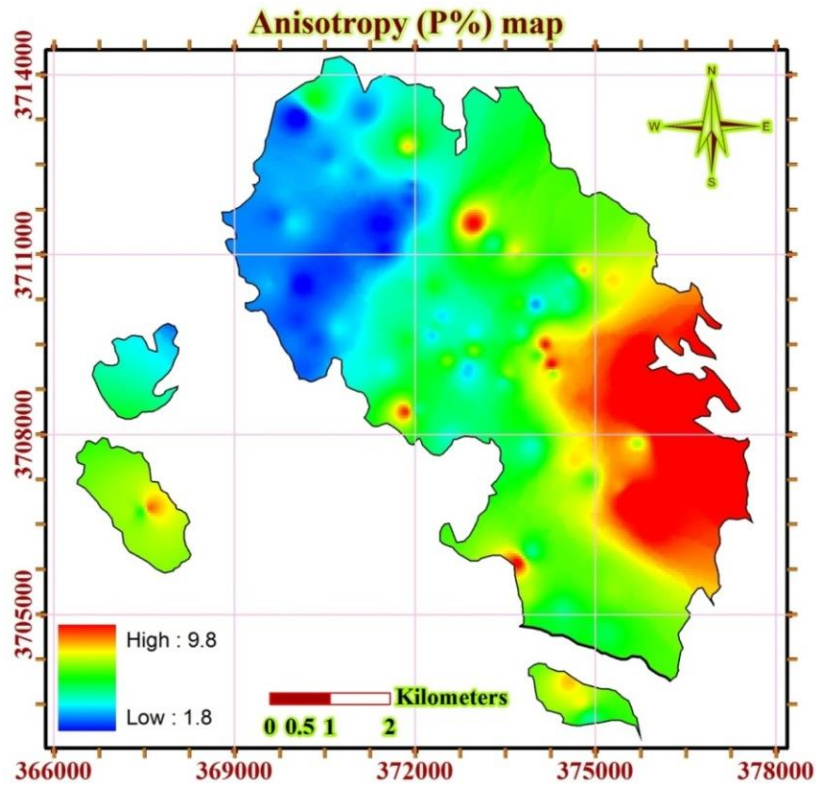
درصد انیزوتروپی از رابطه بین  $K_1$  به عنوان حداکثر مقدار خودپذیری مغناطیسی و  $K_3$  معرف حداقل میزان خودپذیری مغناطیسی و طبق رابطه  $K_1/K_3$  حاصل می‌گردد. مقادیر P بدست آمده برای توده گرانیوتئیدی دره‌باغ در جدول ۵-۱ ارائه شده است. با انتقال این مقادیر به هر ایستگاه، نقشه تغییرات این پارامتر به صورت عددی حاصل گردید که در یک دسته بندی دلخواه در چهار دسته مرتب گردید تا فهم تغییرات آن در محدوده توده نفوذی مورد مطالعه، آسانتر گردد (شکل ۵-۲۶).

دامنه تغییرات درصد انیزوتروپی در توده گرانیوتئیدی دره‌باغ بین  $1/9$  تا  $9/81$  درصد متغیر است. با ترسیم نقشه منطقه‌بندی از این پارامتر نقشه طیف رنگی درصد انیزوتروپی حاصل می‌گردد که در شکل ۵-۲۷ نشان داده شده است. نقشه ساده شده تغییرات درصد انیزوتروپی مغناطیسی نیز در شکل ۵-۲۸ نمایش داده شده است از این نقشه‌ها به راحتی می‌توان دریافت که در حاشیه شرقی توده مورد مطالعه، درصد انیزوتروپی مغناطیسی بالاتر است و در ضمن مطالعه میکروسکوپی نمونه‌های سنگی این منطقه نیز دگرشکلی و ساب‌گرین شدن شدیدتری نشان می‌دهند. محدوده‌های دارای ترکیب میگماتیتی از P کمتر و محدوده‌های با ترکیب لوکوگرانیتی از P بیشتری برخوردار هستند.

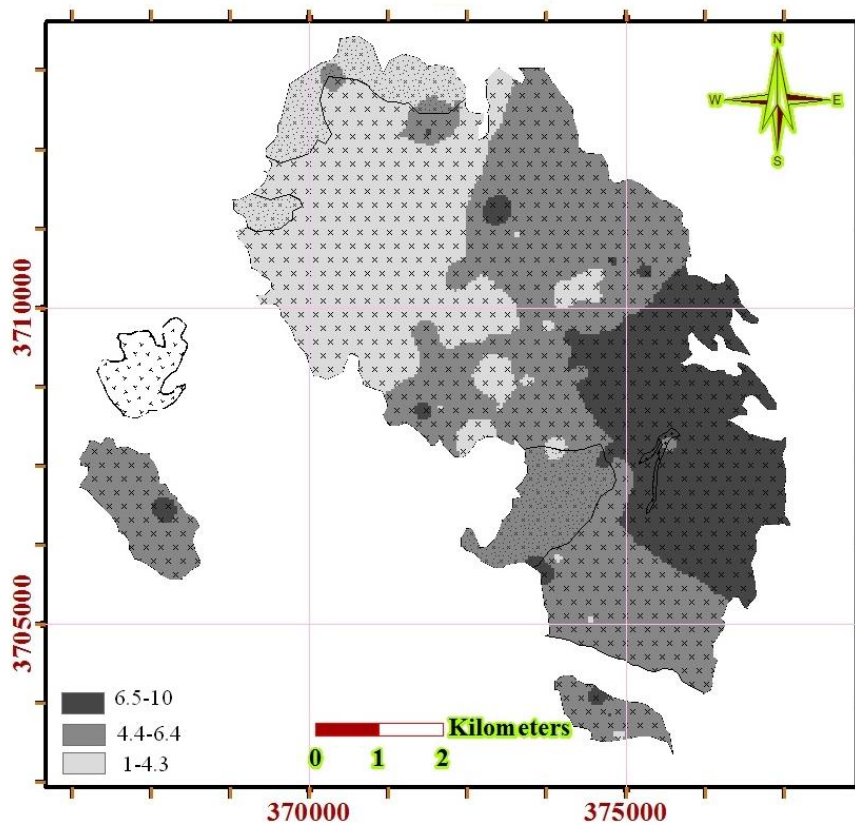
با توجه به نمودار توزیع کلی پارامتر درصد انیزوتروپی بر حسب واحدهای سنگ‌شناسی در هر ایستگاه (شکل ۵-۲۹) درمی‌یابیم که کمترین مقدار P با ۰/۸ درصد در ایستگاه ۱۸ مربوط به آنکلاوها می‌باشد و بیشترین مقدار P با ۹/۸۱ درصد در ایستگاه ۱ مربوط به گرانودیوریت‌ها می‌باشد. شکل ۵-۳۰ نمودار توزیع لگاریتمی  $K_m$  در مقابل درصد P را نشان می‌دهد. این نمودار بیانگر آن است که همه نمونه‌های توده گرانیتوئیدی دره‌باغ در محدوده گرانیتوئیدهای نوع S با  $K_m$  بین ۰ تا ۵۰۰  $\mu SI$  قرار می‌گیرد. توده گرانیتوئیدی پارامغناطیس دارای مقدار  $K_m$  کمتر از ۵۰۰  $\mu SI$  می‌باشند (بوشه و همکاران، ۱۹۹۷)، بنابراین توده گرانیتوئیدی دره‌باغ نیز در زمره گرانیتوئیدهای پارامغناطیس قرار می‌گیرد.



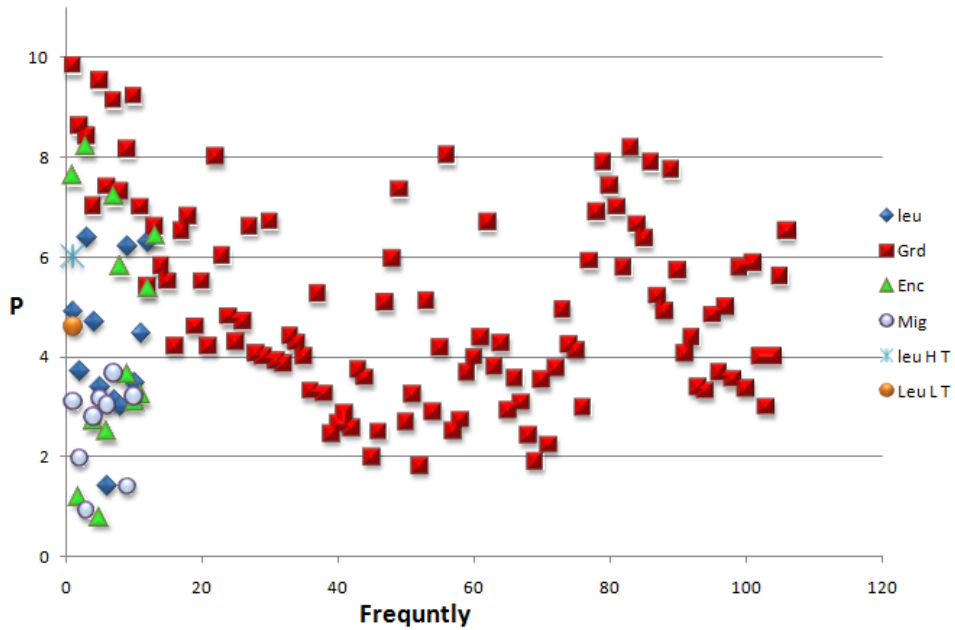
شکل ۵-۲۶- نقشه تغییرات درصد انیزوتروپی مغناطیسی به ازای هر ایستگاه همراه با یک دسته بندی چهارگانه به منظور فهم بهتر تغییرات مقادیر P.



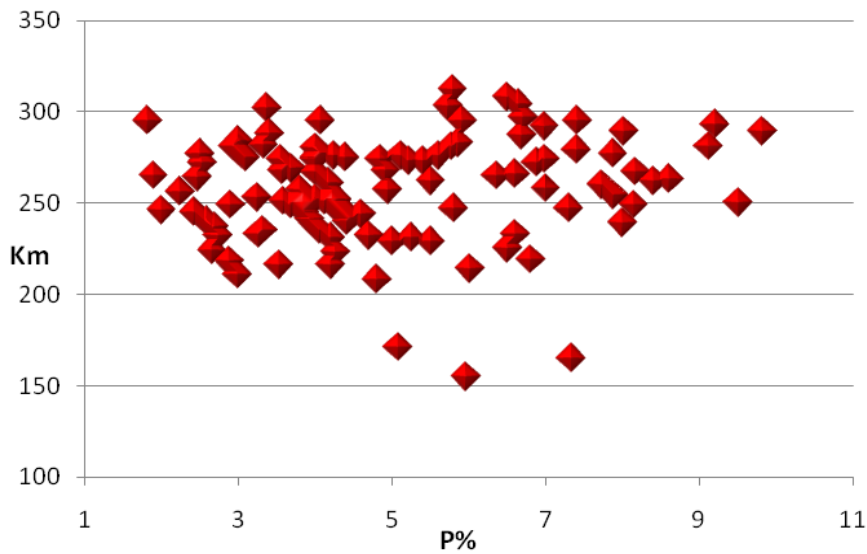
شکل ۵-۲۷- نقشه کنتوربندی تغییرات درصد انیزوتروپی مغناطیسی.



شکل ۵-۲۸- نقشه ساده شده تغییرات درصد انیزوتروپی مغناطیسی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ (برای توضیحات بیشتر به متن مراجعه کنید).



شکل ۵-۲۹- نمودار نشان دهنده تغییرات مقادیر P به ازای هر ایستگاه مغزه‌گیری. تعداد کل ایستگاه‌ها ۱۲۱ می‌باشد.



شکل ۵-۳۰- نمودار توزیع لگاریتمی Km (برحسب  $\mu\text{SI}$ ) در مقابل P (برحسب درصد).

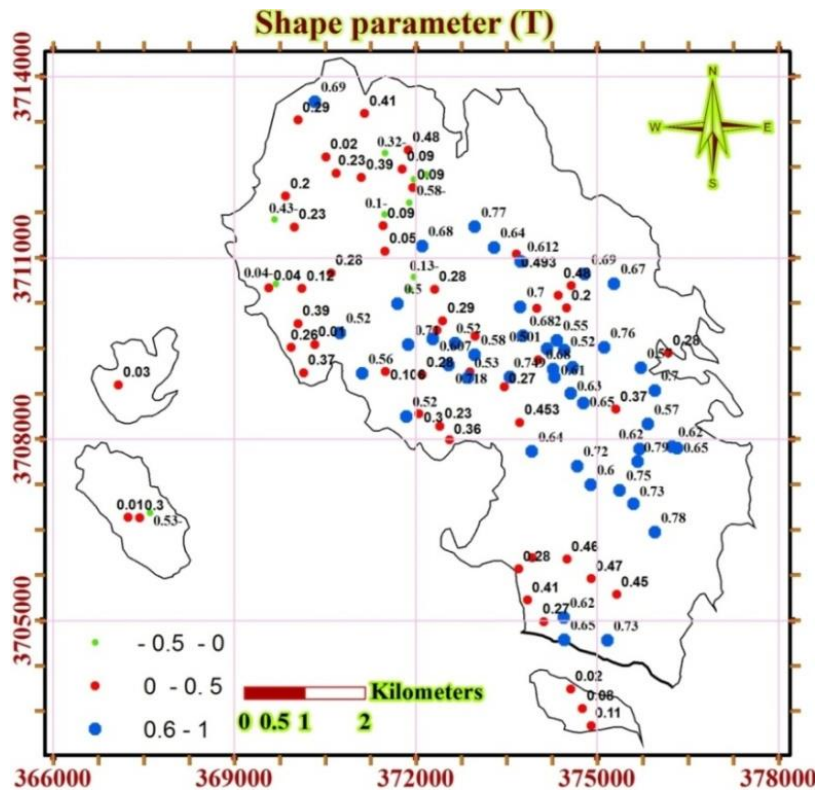
### ۵-۲-۵- نقشه پارامتر شکل T

پارامتر شکل، معرف شکل بیضوی مغناطیسی است. مقدار این پارامتر همیشه بین +۱ تا -۱ متغیر می‌باشد. اگر مقدار T کمتر از صفر باشد بیانگر آن است که بیضوی مغناطیسی سیگاری، دوکی یا

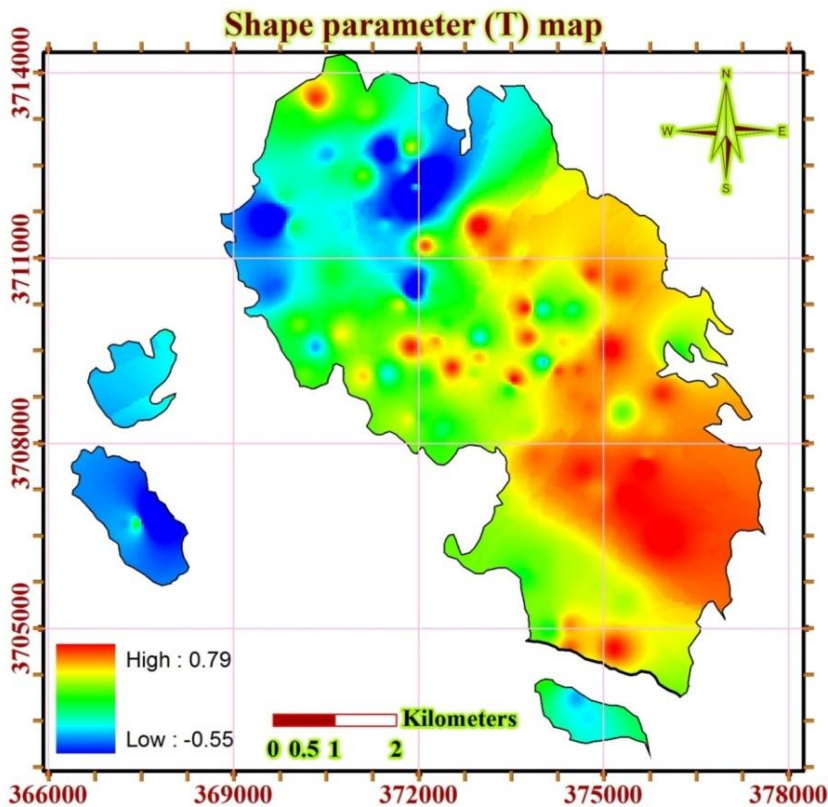


خطی (prolate) شکل است و اگر مقدار  $T$  مثبت یا بیشتر از صفر باشد مبین آن است که شکل بیضوی مغناطیسی کلوچه‌ای یا صفحه‌ای شکل (oblate) است. بر اساس داده‌های به دست آمده در جدول ۵-۱، مقادیر عددی پارامتر شکل ( $T$ ) به موقعیت هر ایستگاه نسبت داده شد و در نقشه تغییرات مقادیر  $T$  حاصل گردید که در شکل ۵-۳۱ نشان داده شده است. مقادیر پارامتر  $T$  توده گرانیتوئیدی دره‌باغ بین  $-۰/۵۸۶$  تا  $۰/۷۹۳$  متغیر است. در این نقشه جهت درک بهتر تغییرات این پارامتر، مقادیر  $T$  به صورت دلخواه تقسیم‌بندی شده‌اند. نقشه تغییرات پارامتر  $T$  به صورت طیف رنگی در شکل ۵-۳۲ و به صورت ساده شده در شکل ۵-۳۳ نشان داده شده است. با توجه به این نقشه‌ها استنباط می‌گردد که مقدار پارامتر  $T$  از سمت غرب به شرق توده افزایش یافته است، این امر بیانگر آن است که شکل بیضوی مغناطیسی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ در محدوده شرقی به شکل کلوچه‌ای می‌باشد و با شدت بیشتر دگرشکلی در این ناحیه سازگار است. افزایش مقادیر  $T$  از غرب به شرق، با افزایش مقادیر  $P$  به سمت شرق کاملاً منطبق می‌باشد. شکل ۵-۳۴ انطباق مثبت این دو پارامتر را نشان می‌دهد. در مجموع شدت دگرشکلی تحمیل شده بر توده گرانیتوئیدی دره‌باغ از سمت غرب به شرق افزایش می‌یابد. انطباق مثبت بین  $P$  و  $T$  این موضوع را تأیید می‌کند. این شواهد معرف آن است که اکثر بیضوی‌های مغناطیسی از نوع کلوچه‌ای شکل می‌باشند. لذا دگرشکلی عمدتاً به صورت تشدید برگواگی تجلی پیدا کرده است که با شواهد صحرایی و میکروسکوپی تأیید می‌گردد (شکل ۵-۳۵).

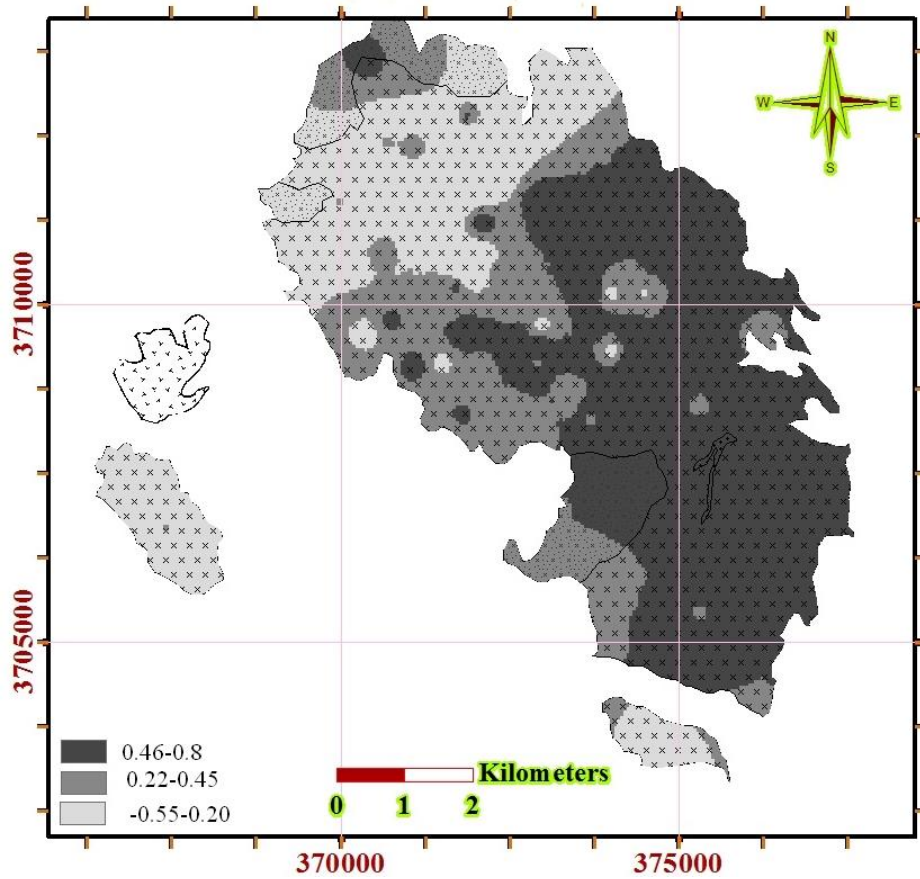
نمودار شکل ۵-۳۶ مقادیر پارامتر  $T$  را در ارتباط با ترکیب سنگ‌شناسی هر ایستگاه نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار، بیشترین و کمترین مقادیر  $T$  به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۹۰ ( $-۰/۵۸۶$ ) و ۶۹ ( $۰/۷۹۳$ ) می‌باشد سنگ‌های هر ایستگاه از جنس گرانودیوریت می‌باشند. شکل ۵-۳۷ تغییرات لگاریتمی  $K_m$  در برابر  $T$  را نشان می‌دهد، با توجه به نمودار  $K_m$  در مقابل  $T$  متوجه می‌شویم که مقادیر  $T$  غالباً بیش از صفر می‌باشد و شکل بیضوی مغناطیسی صفحه‌ای شکل است. در ضمن مقادیر  $K_m$  کمتر از  $۳۵۰ \mu SI$  می‌باشد.



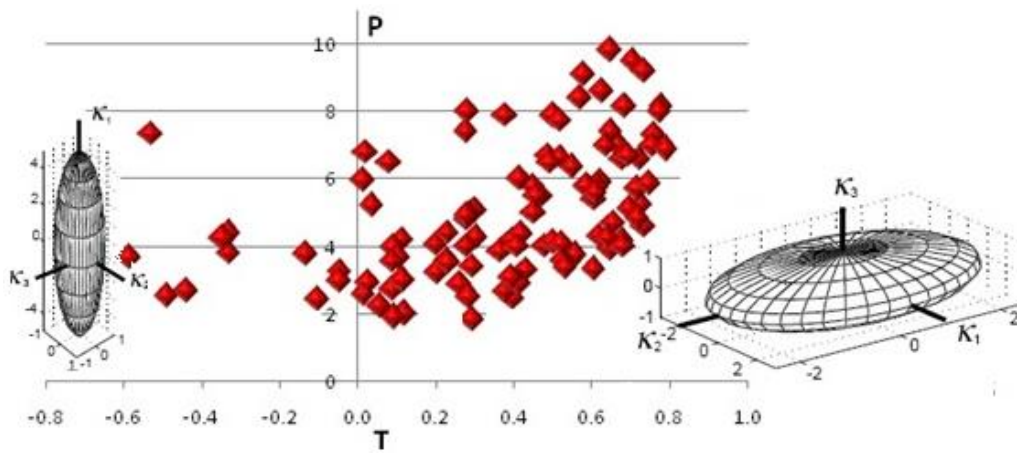
شکل ۵-۳۱- نقشه نشان دهنده تغییرات مقادیر پارامتر شکل به ازای هر ایستگاه. در ضمن یک دسته بندی یا رده بندی چهارگانه نیز در بین آن‌ها صورت گرفته است. به راهنمای نقشه توجه نمایید. مقادیر مثبت و زیاد T (۱/۶ تا ۱) در سمت شرق، شمال شرق توده دره باغ جلب توجه می‌کنند.



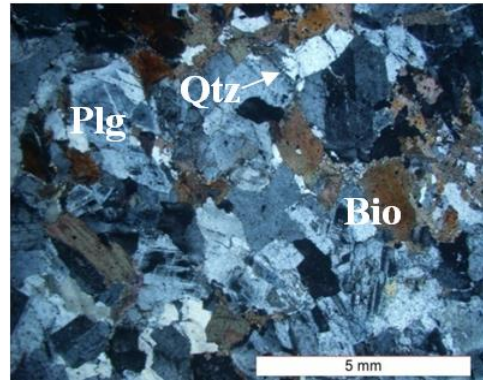
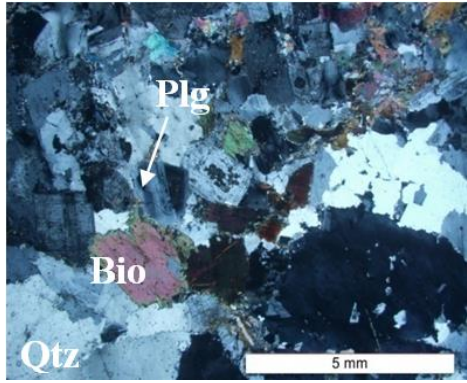
شکل ۵-۳۲- نقشه کنتور بندی تغییرات پارامتر شکل (T).



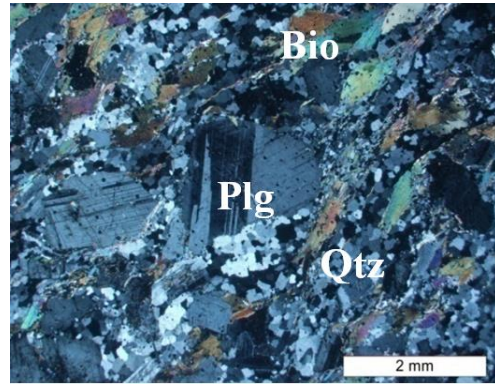
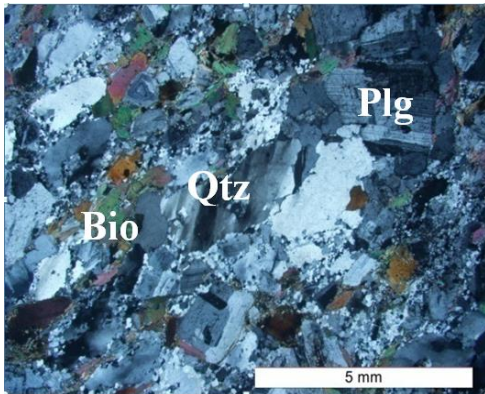
شکل ۵-۳۳- نقشه ساده شده تغییرات پارامتر شکل مغناطیسی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ.



شکل ۵-۳۴- نمودار p در برابر T. توجه نمایید اکثر مقادیر T، بیش از صفر می‌باشد و در محدوده  $0 < T < 1$  قرار می‌گیرند. این محدوده معرف بیضوی‌های مغناطیسی کلوجه‌ای شکل است.

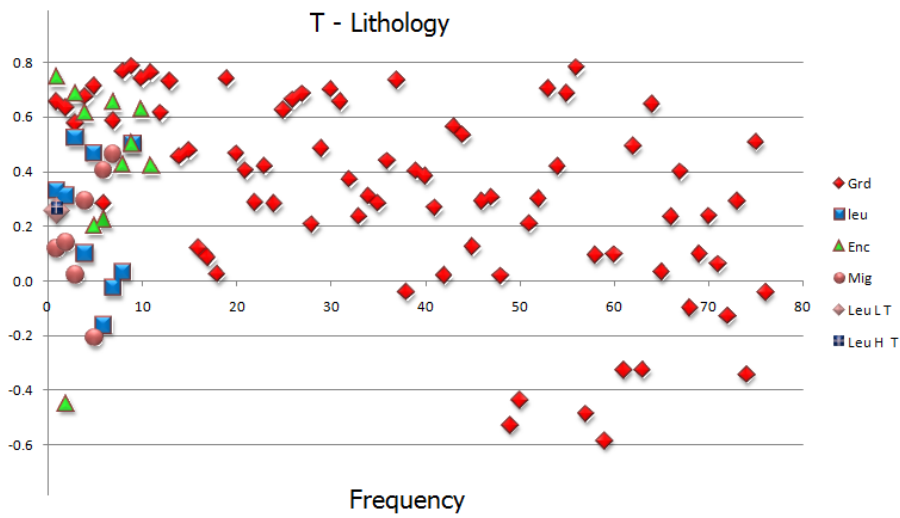


الف

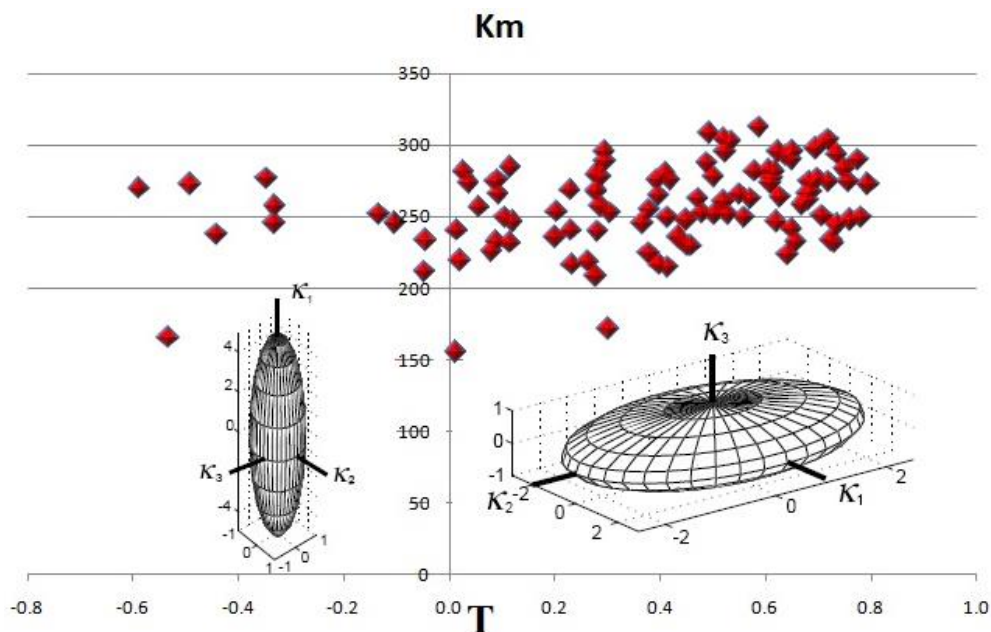


ب

شکل ۵-۳۵- تصاویر میکروسکوپی نشان دهنده تفاوت ریزساختارها در غرب و شرق توده گرانیتوئیدی دره‌باغ. الف- تصاویر میکروسکوپی معرف وجود تنش و استرین کم در شرق توده. ب- تصاویر میکروسکوپی مبین حضور تنش و استرین زیاد و ایجاد زون‌های برشی در بخش شرقی توده نفوذی دره‌باغ. ساب‌گرین شدن و تشدید خاموشی موجی، تشکیل کینک باند در بیوتیت‌ها و ماکل مکانیکی در پلاژیوکلاز، پدیده‌های بارزی است که در اینگونه سنگ‌ها مشاهده می‌شود.



شکل ۵-۳۶- نمودار تغییرات پارامتر T در هر ایستگاه. در این نمودار ترکیب سنگ‌شناسی نیز مد نظر قرار گرفته است.



شکل ۵-۳۷- نمودار نشان دهنده تغییرات لگاریتمی  $K_m$  در مقابل  $T$ . توجه نمائید که اکثر نمونه‌های دارای  $T$  مثبت می‌باشند. مقدار منفی  $T$  غالباً مربوط به ایستگاه‌هایی است که به شدت، دگرشکلی به صورت بروز خطوارگی، تجلی پیدا کرده است.

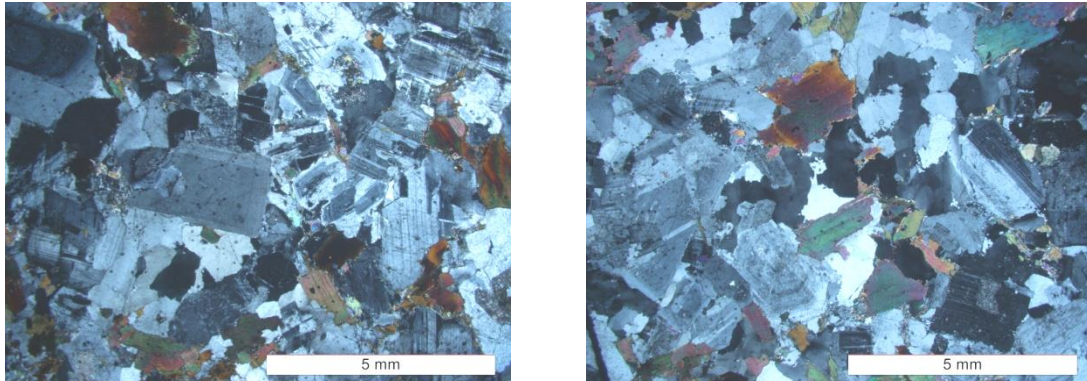
### ۵-۳- انواع فابریک یا ساخت‌های ماگمایی

هنگام تبلور ماگما سه نوع فابریک تشکیل می‌شود که عبارتند از: ماگمایی، ساب ماگمایی و ساب سالییدوس. فابریک‌های ساب‌سولییدوس خود به فابریک‌های ساب‌سولییدوس دمای بالا و دمای متوسط تا پایین تقسیم می‌گردند.

#### ۵-۳-۱- فابریک ماگمایی

اگر در هنگام تبلور ماگما درصد حجمی بخش متبلور شده کمتر از ۶۰ درصد باشد به صورتی که بلورهای تشکیل شده به راحتی بتوانند در مذاب باقیمانده جابجا شوند فابریک ماگمایی ایجاد می‌شود. در این حالت بلورها بدون خصوصیات مانند خاموشی موجی، خردشدگی و تغییر شکل حاصل می‌گردند یا حداقل خاموشی موجی یا خردشدگی بسیار کم می‌باشد. این نوع فابریک فقط در مقاطع میکروسکوپی چند ایستگاه توده گرانیتوئیدی دره‌باغ (قسمت غربی آن) مشاهده شده است (شکل ۵-۵).

۴۵). تصاویر معرف فابریک ماگمایی در برخی از نقاط توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ در شکل ۵-۳۸ نشان داده شده است.



شکل ۵-۳۸- تصاویر میکروسکوپی معرف فابریک ماگمایی در توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ.

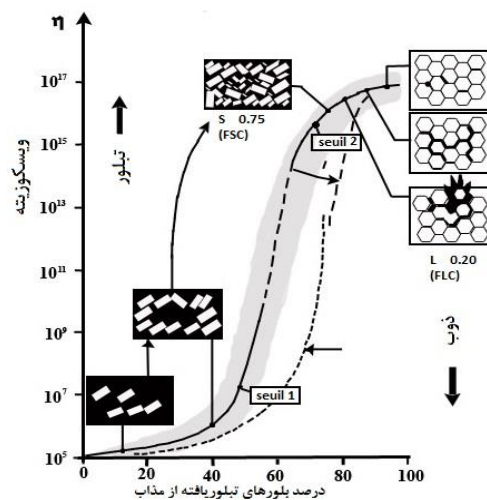
### ۵-۳-۲- فابریک ساب ماگمایی

هنگامی که با کاهش دما، درصد حجمی بخش تبلور یافته، افزایش یابد و از ۶۰ درصد فراتر رود (۶۰ تا ۷۰ درصد) بلورها با یکدیگر درگیر می‌شوند و در عین حال مقدار کمی مذاب در بین آن‌ها وجود دارد. اگر مقدار مذاب باقیمانده از حد بحرانی امکان جریان یافتن ماگما، کمتر شود، ساخت ساب‌ماگمایی ایجاد می‌گردد. در شکل ۵-۳۹ نحوه تشکیل ساخت‌های ماگمایی و ساب‌ماگمایی نشان داده شده است (هیبارد<sup>۱</sup>، ۱۹۸۷؛ پاترسون و همکاران<sup>۲</sup>، ۱۹۸۹).

ساخت ساب‌ماگمایی یک حالت انتقالی است. هنگامی که بلورها با یکدیگر درگیر شوند، ویسکوزیته ماگما افزایش یافته و به چندین برابر می‌رسد. در این حالت، ماگما در مقابل تنش‌های تحمیل شده بر آن، شبیه به یک جسم جامد عمل می‌کند و برخی از بلورها شکسته می‌شوند و مذاب باقیمانده می‌تواند به درون شکستگی‌های آن‌ها راه پیدا کند و متبلور گردد ( مک بیرنی و موریس<sup>۳</sup>، ۱۹۸۴).

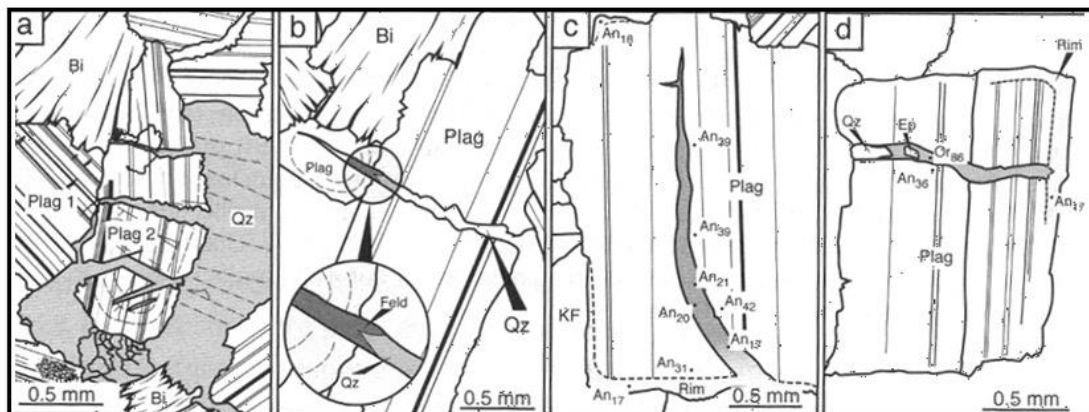
---

1-Hibbard  
2-Paterson et.al.  
3-McBirney and Murase

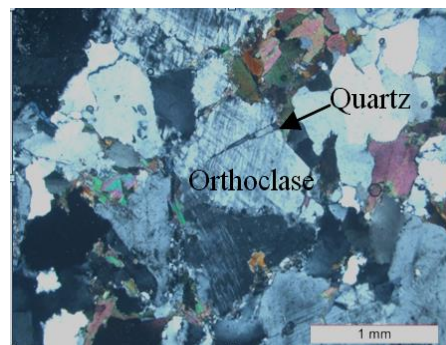
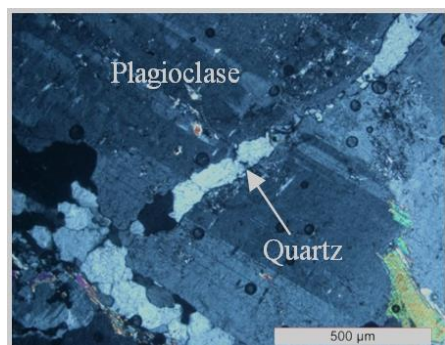
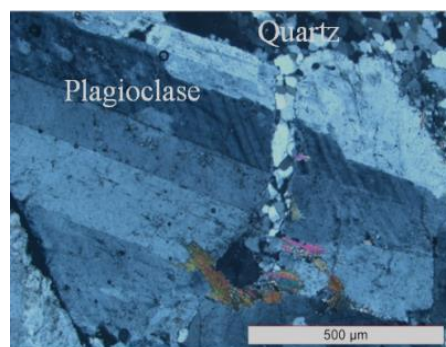
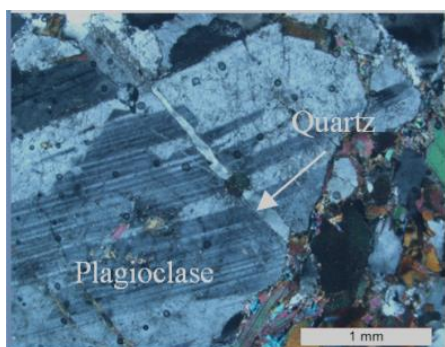


شکل ۵- ۳۹- نمودار نشان‌دهنده ارتباط بین فرایندهای تبلور و ذوب با ویسکوزیته مذاب و کسر جامد یا در واقع مقدار بلورهای تبلور یافته از ماگما. همانطور که در این نمودار مشاهده می‌کنید با پیشرفت فرایند تبلور، بر فراوانی بلورها افزوده می‌گردد و ویسکوزیته سیال افزایش می‌یابد تا زمانی که ماگما به طور کامل متبلور شود. در صورتی که حدود ۷۵ درصد مذاب تبلور پیدا کند ساخت ساب‌ماگمایی به وجود می‌آید. تا زمانی که حدود ۴۰ درصد از ماگما متبلور شود بلورها می‌توانند به طور آزادانه در ماگما حرکت کنند و در نتیجه بافت ماگمایی به وجود می‌آید (ندلک و بوشه، ۲۰۱۱).

ساخت ساب‌ماگمایی در بالای سولیدوس ماگما تشکیل می‌شود. بلورها علاوه بر اینکه در حضور ماده مذاب هستند، رفتار شکننده از خود بروز می‌دهند. شکستگی‌های میکروسکوپی پلاژیوکلاز مثالی از ساخت ساب‌ماگمایی هستند که غالباً از کوارتز و فلدسپار پرشده است. در مواردی که بعد از تبلور نیز تنش وارده بر سنگ‌ها ادامه یابد، ساخت ساب‌ماگمایی از بین رفته و سنگ تحت تأثیر دگرشکلی حالت جامد قرار می‌گیرد. ساخت ساب‌ماگمایی شبیه ساخت ماگمایی است ولی در آن رگه و رگچه‌های کوارتزی که عرض بلورها را قطع می‌کند، یافت می‌شوند. ساخت ساب‌ماگمایی با حضور رگه‌های باریک کوارتزی قطع‌کننده بلورهای پلاژیوکلاز مشخص می‌شود که به حوضچه‌های (تجمعات) کوارتزی منتهی می‌شوند و معرف دگرشکلی در حضور باقیمانده مذاب گرانیتهی (کمتر از ۳۰٪) است (شکل ۵-۴۰). با توجه به مقاطع نازک مطالعه شده و تصاویر عرضه شده در شکل ۵-۴۱ در بخش‌های جنوبی توده نفوذی اینگونه ساخت‌ها به وفور مشاهده می‌شود (شکل ۵-۴۵).



شکل ۵-۴۰- رگچه‌های کوارتز قطع کننده بلورهای پلاژیوکلاز که در انتها به حوضچه‌هایی از کوارتز ختم می‌شوند و یکی از شواهد بارز ساخت ساب‌ماگمایی می‌باشند. این ساخت برای اولین بار توسط بوشه و همکاران (۱۹۹۲) معرفی شده است و در کتاب پترولوژی گرانیت‌ها (ندلک و بوشه، ۲۰۱۱) مجدداً بر آن تأکید شده است.



شکل ۵-۴۱- تصاویری از ساخت ساب‌ماگمایی. تصاویر میکروسکوپی نشان‌دهنده رگچه‌های باریک کوارتز که بلورهای پلاژیوکلاز و ارتوکلاز را قطع کرده‌اند و به حوضچه‌هایی از کوارتز منتهی شده‌اند. این پدیده یکی از ویژگی‌های بارز ساخت ساب‌ماگمایی است.



### ۵-۳-۳- فابریک ساب سولیدوس حالت جامد

این ساخت در دمای پایین‌تر از دمای سولیدوس ماگما تشکیل شده و تحت این شرایط کانی‌ها، رفتار شکننده نشان می‌دهند. ساخت حالت جامد از لحاظ دمایی، در دو رده طبقه‌بندی می‌شوند (سن بلانکا و تیکوف<sup>۱</sup>، ۱۹۹۷).

۱- حالت جامد دمای بالا: بلورها در ضمن کشیدگی و خمیده‌شدن، مقداری شکستگی نیز نشان می‌دهد. پلاژیوکلاز خمیده، بیوتیت خمیده و پیچ و تاب‌دار و کوارتز با بافت شطرنجی از جمله حالات قابل انتظار در ساخت‌های حالت جامد دمای بالا هستند.

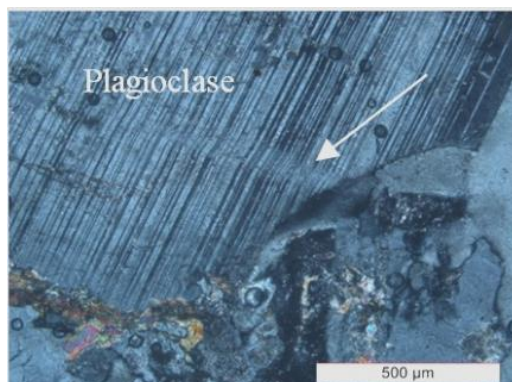
۲- حالت جامد دمای متوسط تا پایین: از شواهد بارز این ساخت، خردشدگی و دانه ریز شدن می‌باشد. این بافت با افزایش واتنش یا استرین به بافت پورفیروکلاستی تبدیل می‌شود و بلورها تبلور مجدد دینامیک (خردشدگی بدون خمیدگی) نشان می‌دهند. در نهایت سنگ اولیه به یک سنگ با زمینه ریز دانه تبدیل می‌گردد.

در طی دگرشکلی، تبلور دوباره، نو تشکیلی پلاژیوکلازها (تشکیل پلاژیوکلازهای نوظهور دانه‌ریز)، بیوتیت و کوارتز، کاهش اندازه بلور، توسعه برگراری و قطع الگوی زونینگ از ویژگی‌های بارز دگرشکلی در شرایط ساب‌سولیدوس حالت جامد می‌باشند (ورنون، ۲۰۰۸). بر اساس مطالعات میکروسکپی انجام شده در اکثر نمونه‌های سنگی برداشت شده از توده گرانیتوئیدی دره‌باغ، شواهد بارز ساخت ساب‌سولیدوس مشاهده می‌شود، ولی باید یادآوری کرد که شدت دگرشکلی در نقاط مختلف توده متغیر است (شکل ۵-۴۵). شواهد مشاهده شده عبارتند از: ساب‌گرین شدن شدید و تبلور مجدد کوارتز، بیوتیت، پلاژیوکلاز، اورتوکلاز و تورمالین؛ پیچ و تاب‌خوردگی (کینک باند بیوتیت)؛ ماکل مکانیکی در پلاژیوکلاز؛ ایجاد اشکال فلس‌ماهی (میکا ماهی) در بیوتیت؛ تشکیل اشکال زیگمایی و دلتایی در کوارتز، پلاژیوکلاز و اورتوکلاز؛ ساخت شطرنجی و خاموشی موجی در کوارتز؛ قطعه قطعه

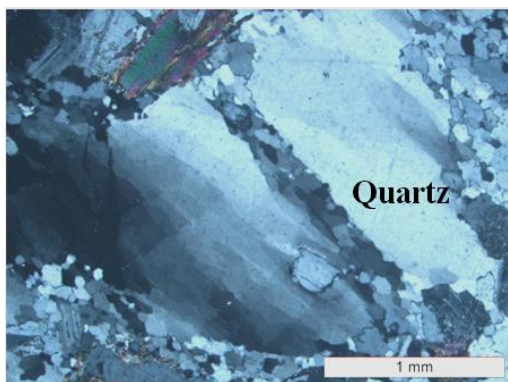
---

1- Saint- Blanquat and Tikoff

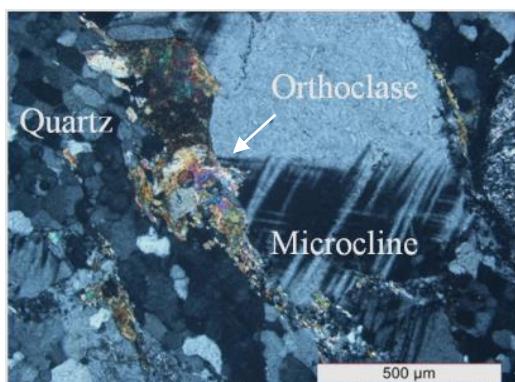
شدن بلورهای ریز آپاتیت و تبدیل اورتوکلاز به میکروکلین ( به شکل های ۴۲-۵ تا ۴۴-۵ نگاه کنید). ماکل مکانیکی که معرف دگرشکلی در دماهای نسبتاً بالا است در برخی از پلاژیوکلازهای موجود در گرانودیوریت های توده گرانیتوئیدی دره باغ مشاهده می شود. از طرف دیگر، فرایندهایی نظیر تبدیل بیوتیت به مسکوویت (مسکوویتی شدن) و تبدیل آنها به کلریت، مسکوویت و اسفن؛ تبدیل آندالوزیت به سربیسیت و یا تبدیل پلاژیوکلاز به سربیسیت، بیانگر آنند که در مجموع دگرشکلی ساب سالیدوس در دماهای نسبتاً بالا تا متوسط و تحت شرایط غنی از بخار آب صورت گرفته است. چون محصولات دگرسانی غالباً آبدار هستند (کلریت و مسکوویت یا سربیسیت همگی جزء کانی های آبدار می باشند). این تغییر و تحولات توسط پارامترهایی که در بخشی از مطالعه فابریک های مغناطیسی (جدول ۵-۱) به تعیین میزان دگرشکلی می پردازد (مانند درصد انیزوتروپی مغناطیسی (%P) و پارامتر شکل (T)) نیز مورد بررسی و تأیید قرار گرفته اند.



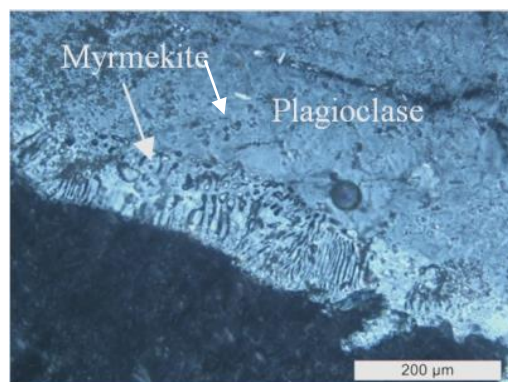
ب



الف

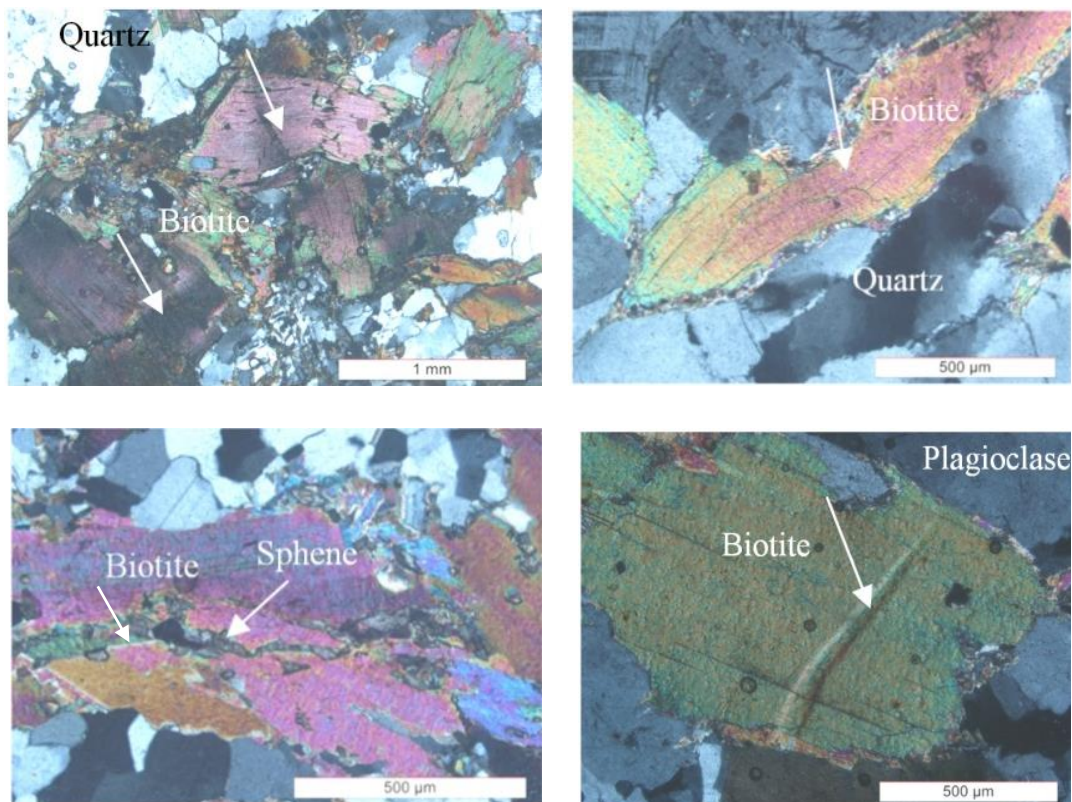


د

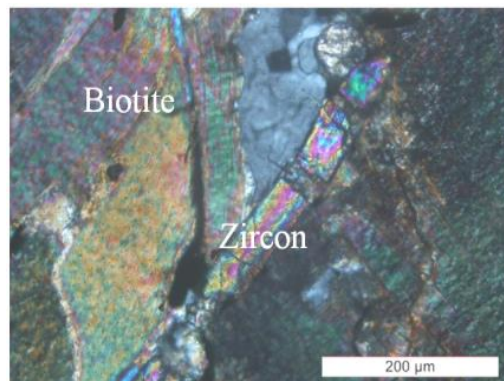
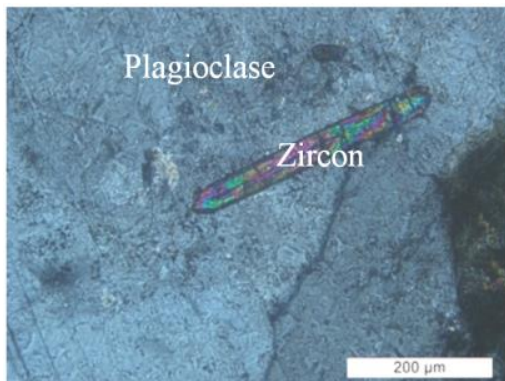


ج

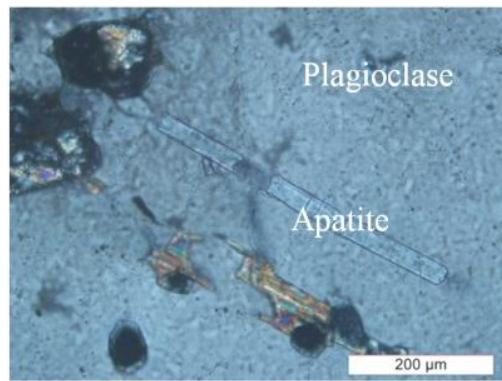
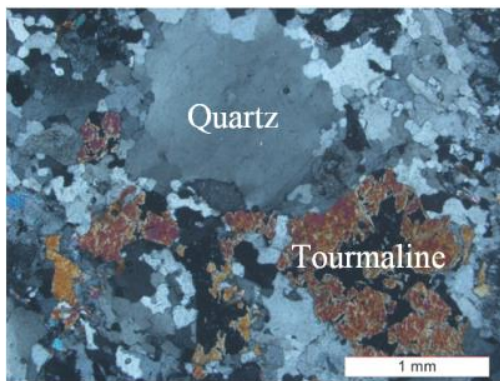
شکل ۵-۴۲- تصاویر میکروسکوپی معرف ویژگی‌های بارز ساخت‌ها یا فابریک‌های ساب‌سولیدوس در کوارتز و فلدسپارهای توده گرانیتوئیدی دره‌باغ. الف- تصویری از ساب‌گرین شدن کوارتز و ایجاد خاموشی موجی در آن، که یکی از ویژگی‌های بارز ساخت ساب‌سولیدوس می‌باشد. خردشدگی کوارتز بدون جایجایی، که به ایجاد بافت شطرنجی در آن منجر شده است. ب- ماکل مکانیکی ایجاد شده در پلاژیوکلاز که یکی از شواهد بارز ساخت ساب‌سولیدوس در حالت جامد دمای بالا می‌باشد. ج- ایجاد بافت میرمکیتی در حاشیه بلور پلاژیوکلاز که یکی از شواهد تحمیل تنش بر پلاژیوکلازها در حالت جامد دما بالا می‌باشد. د- تبدیل اورتوز به میکروکلین در اثر تنش‌های تحمیل شده بر آن و تغییر ساختار کانی از منوکلینیک به تریکلینیک.



۴۳-۵- ایجاد ماکل مکانیکی در بیوتیت، کینک باند، له شدگی و ایجاد خاموشی موجی در بیوتیت و کوارتز که از شواهد ساخت ساب‌سالی‌دوس حالت جامد دمای بالا می‌باشد. همچنین این تصاویر میکروسکوپی نشان دهنده تأثیر سیالات گرمایی بر مجموعه کانی‌های سازنده گرانودیوریت‌ها می‌باشند که مهم‌ترین مورد آن عبارت است از: تبدیل بیوتیت به مسکوویت و اسفن در اثر واکنش با سیالات گرمایی. کلسیم لازم برای ساخت اسفن از تخریب پلاژیوکلازها حاصل شده است.

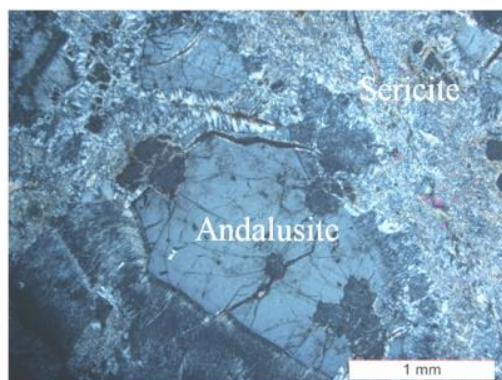
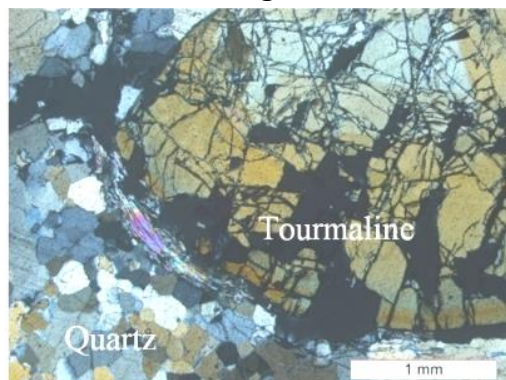


الف



ج

ب

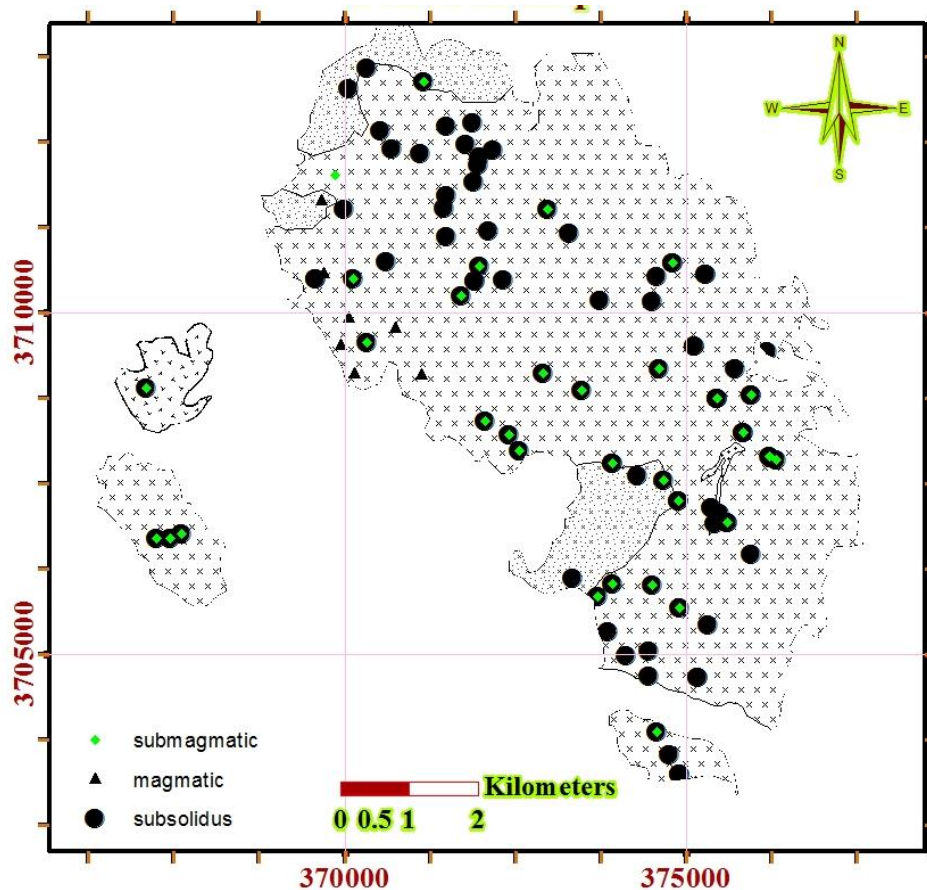


و

د

شکل ۵-۴۴- تصاویر میکروسکوپی معرف ویژگی‌های بارز کانی‌های فرعی در توده گرانیتوئیدی دره‌باغ. الف- تشدید تنش‌های تحمیل شده بر گرانودیوریت‌ها که به قطعه‌قطعه شدن ادخال‌های ریز زیرکن منجر شده است. ب- تشدید تنش‌های تحمیل شده بر گرانودیوریت‌ها موجب قطعه‌قطعه شدن ادخال‌های ریز آپاتیت شده است. ج- تصویری از ساب‌گرین شدن تورمالین و کوارتز و پرشدن شکستگی‌های تورمالین توسط رگه‌های کوارتزی. این شواهد از ویژگی‌های بارز ایجاد ساخت‌های ساب‌سولیدوس در حالت جامد دمای بالا می‌باشد. د- تبدیل پورفیروبلاست (زینوفیر) آندالوزیت باقیمانده از فرایند گرانیت‌زایی و تبدیل آن به بلورهای ریز سریسیت. این پدیده در شرایط لازم برای ایجاد ساخت سالیدوس دمای پایین رخ می‌دهد. این بخش‌های سریسیتی شده به حاشیه شیمر معروف است. و- خردشدگی شدید بلور تورمالین در پگماتیت‌های تورمالین-دار. همانطور که در تصویر مشاهده می‌کنید در بخش‌های خردشده بلور تورمالین منطقه‌بندی رنگی بارزی مشاهده می‌شود. در واقع منطقه‌بندی رنگی انعکاسی از منطقه‌بندی ترکیبی است.

ساخت‌های ماگمایی و ساب‌ماگمایی عمدتاً در حاشیه غربی توده درّه‌باغ مشاهده شده‌اند. با توجه به شیب زیاد خطواره‌های مغناطیسی در این بخش، می‌توان این تصور را تقویت کرد که این مناطق بخشی از زون تغذیه‌کننده ماگمای سازنده این توده نفودی می‌باشد.

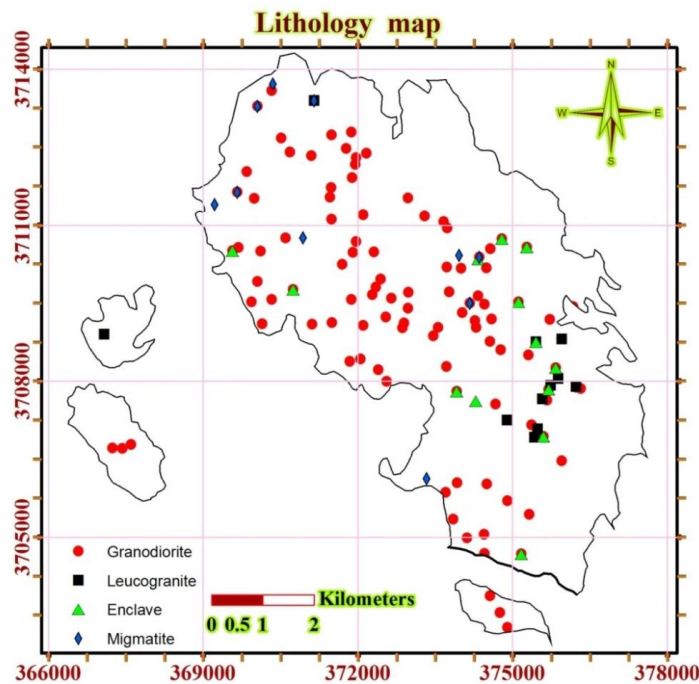


شکل ۵-۴- نقشه نشان‌دهنده توزیع انواع ریزساخت‌ها در توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ. ریزساخت‌ها بر اساس مطالعه مقاطع نازک حفاری شده در هر ایستگاه، تعیین گردیده‌اند. توجه نمایید که ریزساخت‌های ساب سولیدوس از بیشترین گستردگی و توزیع برخوردار هستند.

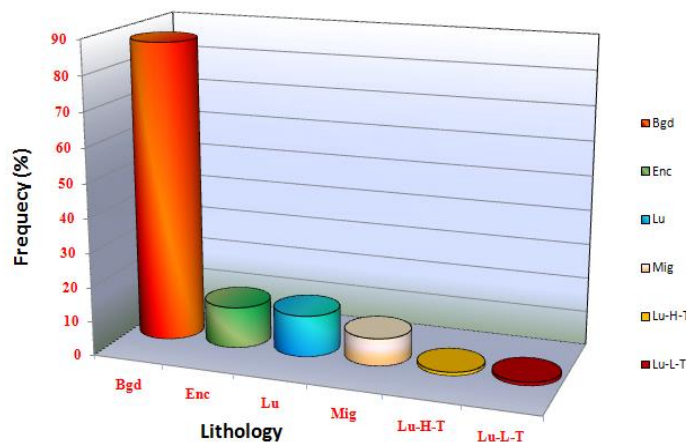
#### ۵-۴- خصوصیات مغناطیسی سنگ‌های توده درّه‌باغ

نقشه توزیع ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر اساس لیتولوژی در شکل ۵-۴ نشان داده شده است. نمودار ستونی ارائه شده در شکل ۵-۴۷، درصد فراوانی نمونه‌برداری در مقابل سنگ‌شناسی در توده

گرانیتوئیدی درّه‌باغ را نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار بیشتر ایستگاه‌های نمونه‌برداری دارای ترکیب گرانودیوریت هستند. لوکوگرانیت‌ها عمدتاً به یک نوار تقریباً شمالی- جنوبی در بخش شرقی توده، معطوف می‌شوند. با توجه به شواهد صحرایی، لوکوگرانیت‌ها به صورت یک ساختار دایکی بزرگ مقیاس گرانودیوریت‌ها را قطع کرده‌اند و خود نیز توسط رگه‌های تورمالین، کوارتز- تورمالین یا رگه‌های سیلیسی کم عرض قطع شده‌اند.



شکل ۵-۴۶- نقشه نشان دهنده ترکیب سنگ‌شناسی غالب در هر ایستگاه نمونه‌برداری. توجه نمایید که گرانودیوریت‌ها دارای فراوان‌ترین توزیع ترکیبی در این توده نفوذی هستند و لوکوگرانیت‌ها به صورت رخنمون دایک شمالی- جنوبی گرانودیوریت‌ها را قطع می‌کنند.



شکل ۵-۴۷- نمودار ستونی نشان دهنده درصد فراوانی ترکیبات سنگی مختلف در توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ. به اختلاف قابل توجه بین گرانودیوریت‌های بیوتیت‌دار (Bgd) و سایر گروه‌های سنگی توجه فرمایید.

#### ۵-۴-۱- گرانودیوریت‌ها

گرانودیوریت‌ها سازنده اصلی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ هستند. در ۱۰۶ ایستگاه مغزه‌برداری شده، گرانودیوریت‌ها یافت شده‌اند. دامنه تغییرات خودپذیری مغناطیسی میانگین در گرانودیوریت‌ها بین  $155 \mu\text{SI}$  تا  $312$  می‌باشد و میانگین آن‌ها برابر  $257 \mu\text{SI}$  است. درصد انیزوتروپی در این واحد سنگی به طور میانگین  $5/022$  است. متوسط پارامتر شکل (T) در آن‌ها  $0/369$  و بیضوی مغناطیسی از نوع کلوچه‌ای یا صفحه‌ای (oblate) است.

#### ۵-۴-۲- گرانیت‌ها و لوکوگرانیت‌ها

گرانیت‌ها و گرلوکوگرانیت‌ها در ۱۱ ایستگاه مغزه‌برداری یافت شده‌اند. این گونه سنگ‌ها به صورت یک نوار با امتداد شمالی- جنوبی رخنمون دارند و در واقع گرانودیوریت‌ها را قطع می‌کنند. این واحد سنگی به علت داشتن رخنمون‌های کوچک، در مقیاس بیش از  $1/20000$  قابل نشان دادن نیست، مگر آنکه به صورت اغراق آمیز و برای جلب توجه نشان داده شوند. لوکوگرانیت‌ها دارای خودپذیری مغناطیسی میانگین  $36 \mu\text{SI}$  تا  $83$  هستند مقدار متوسط  $K_m$  آن‌ها  $41 \mu\text{SI}$  است. میانگین درصد انیزوتروپی این واحد سنگی  $4/55$  است. متوسط مقدار پارامتر شکل  $0/28$  و به صورت کلوچه‌ای یا صفحه‌ای (oblate) است.

#### ۵-۴-۳- میگماتیت‌ها

میگماتیت‌ها در ۱۰ ایستگاه مغزه‌برداری یافت شده‌اند. میگماتیت‌ها دارای خودپذیری مغناطیسی میانگین  $355 \mu\text{SI}$  تا  $525$  هستند و به طور مقدار متوسط دارای  $K_m$  برابر  $437 \mu\text{SI}$  هستند. میانگین درصد انیزوتروپی این واحد سنگی  $2/71$  است. متوسط مقدار پارامتر شکل  $0/206$  می‌باشد و معرف بیضوی‌های مغناطیسی کلوچه‌ای یا صفحه‌ای (oblate) می‌باشد. مقادیر بالای خودپذیری مغناطیسی این گروه سنگی با وجود هورنبلند و کانی‌های اوپیک در آن قابل توجیه است (شکل ۵-۱۷).

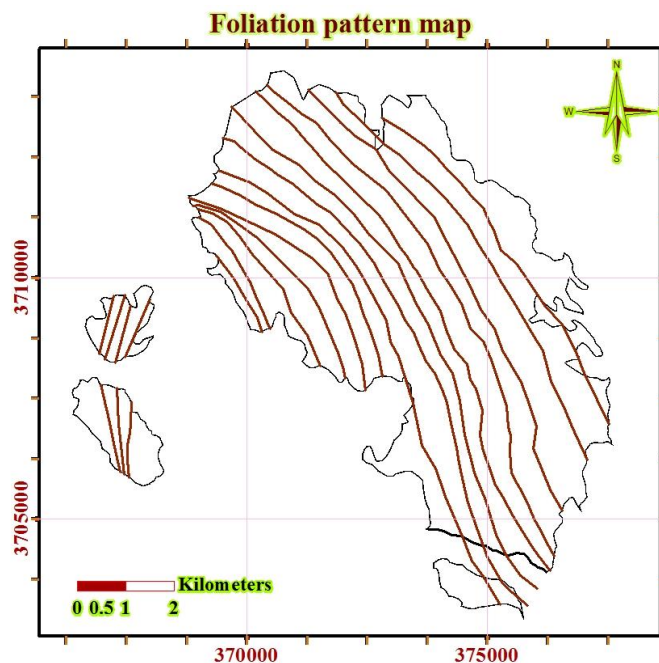


#### ۵-۴-۴- آنکلاوها

از آنکلاوها در ۱۳ ایستگاه، نمونه‌برداری و مغزه گرفته شد. البته برای بررسی ویژگی‌های پتروگرافی نیز تعداد قابل ملاحظه‌ای نمونه از آن‌ها گرفته شد. خودپذیری مغناطیسی آن‌ها از  $320 \mu SI$  تا  $526 \mu SI$  است و به طور متوسط  $K_m$  آن‌ها  $386 \mu SI$  است. میانگین درصد انیزوتروپی این واحد سنگی  $4/43$  است. متوسط مقدار پارمتر شکل  $0/438$  است و بیضی‌های مغناطیسی آن‌ها به صورت کلوچه‌ای (oblate) است. مقدار بالای خودپذیری مغناطیسی این نمونه‌ها با وجود مقادیر زیاد بیوتیت و حضور کانی‌های اوپک در آن‌ها قابل تشریح و توجیه است.

#### ۵-۵- مطالعه و تفسیر پارامترهای مغناطیسی توده دره‌باغ

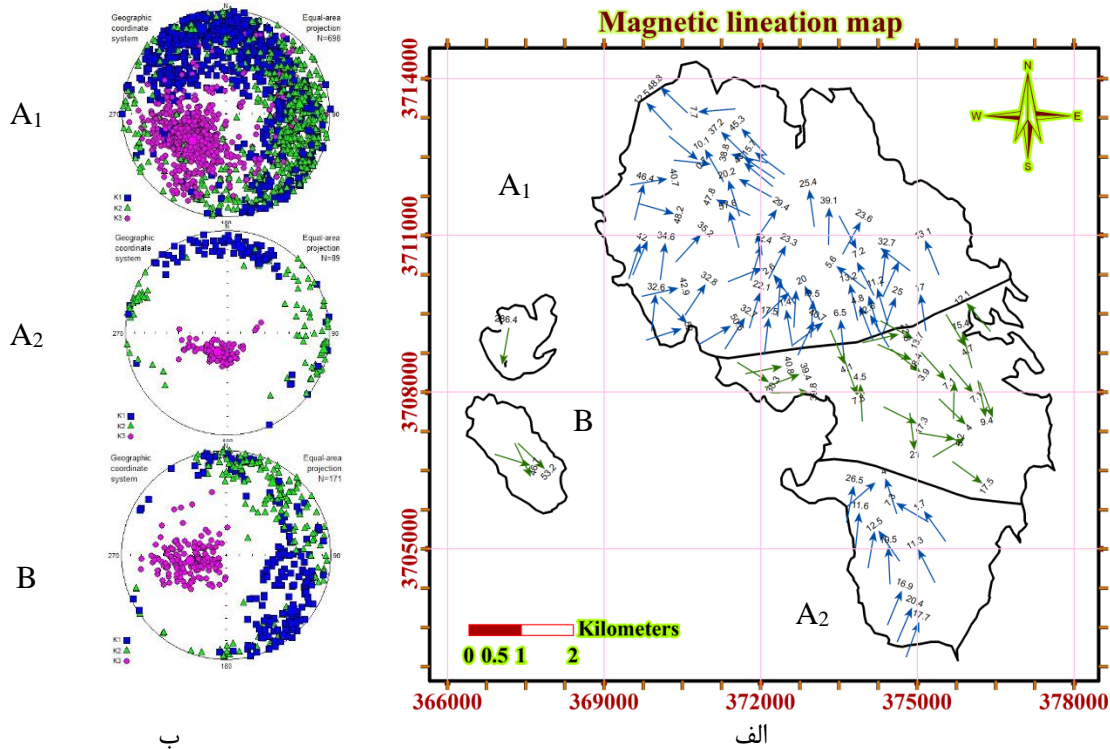
براساس نتایج به دست آمده از بررسی نقشه‌های مغناطیسی، مطالعات صحرایی، پتروگرافی و ساخت‌های میکروسکپی، توده گرانیتوئیدی دره‌باغ با شواهد تکتونیکی زون سنندج سیرجان و دیگر توده‌های این زون ساختاری کاملاً سازگار می‌باشد. براساس تغییرات برگواره‌های مغناطیسی، این توده نفوذی در یک زون برشی راست‌بر تشکیل شده است (شکل ۵-۴۸).



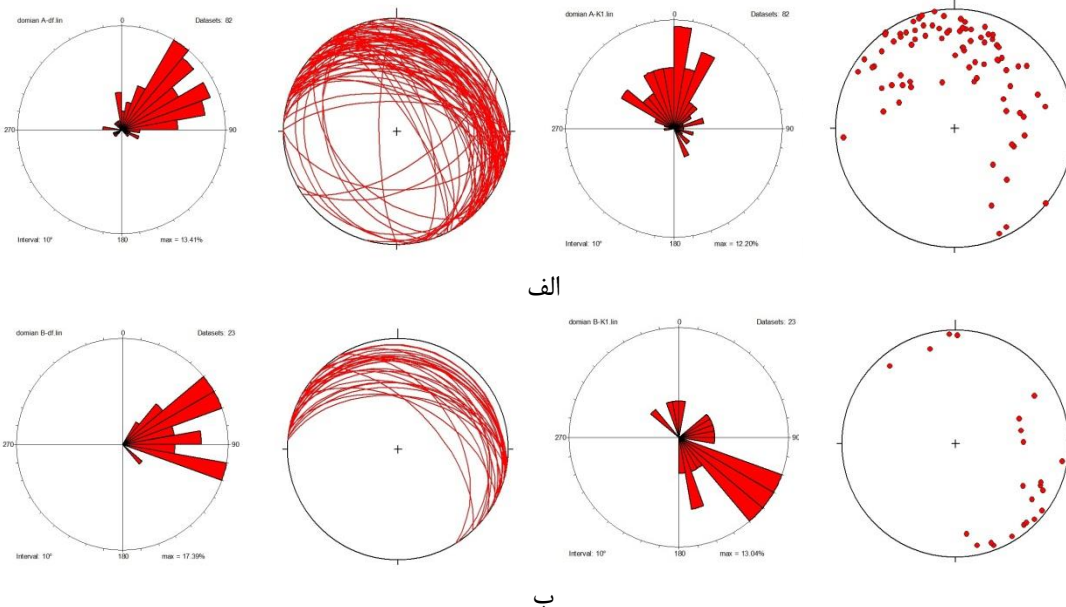
شکل ۵-۴۸- الگوی ترسیم شده از برگواره‌های مغناطیسی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ.

توده گرانیتوئیدی دره‌باغ ۱۲۱ ایستگاه مغزه‌برداری را در بر می‌گیرد. ترکیب سنگ‌شناسی غالب این آن گرانودیوریتی است و در حاشیه شمالی و غربی آن میگماتیت‌زایی مشاهده می‌شود. لازم به ذکر است در حاشیه غربی این توده گرانودیوریتی رخنمون بسیار کوچکی از سنگ‌های دیوریتی-کوارتزدیوریتی نسبتاً دانه درشت نیز مشاهده شده است و قطعاتی از آن به صورت آنکلاو در حاشیه این سنگ‌ها، در گرانودیوریت‌ها به دام افتاده‌اند (اثنی‌عشری، ۱۳۹۰). فابریک ماگمایی و ساب‌سالیدوس در نمونه‌های این ناحیه مشاهده می‌شود. بافت سنگ‌های گرانودیوریتی گرانولار و پورفیروئیدی است. شیب خطواره‌های مغناطیسی نسبتاً کم است و غالباً در سمت شمال‌غرب از شیب زیادتری برخوردار هستند. شیب خطواره‌های مغناطیسی این توده کمتر از ۶۰ درجه می‌باشد و غالباً بین ۲۰ تا ۴۰ درجه می‌باشد. خطواره‌های مغناطیسی مبتنی بر مقادیر برداری  $K_1$  و الگوی توزیع آنها معرف آن است که این توده گرانیتوئیدی به سه قلمرو و زیر قلمرو ( $A_1$ ,  $A_2$  و  $B$ ) قابل تقسیم است (شکل ۵-۴۹-الف). در زیر قلمروهای  $A_1$  و  $A_2$  یا به عبارت کلی تر قلمرو  $A$  خطواره‌ها غالباً به سمت شمال می‌باشند. در حاشیه جنوبی و غربی توده خطواره‌های قلمرو دارای شیب بیشتری هستند. به سمت شرق شیب خطواره‌ها کاهش می‌یابد. میانگین کلی خطواره‌ها در قلمرو برابر است با:  $۳۵۸/۱۹$ . در بخش میانی توده (قلمرو  $B$ ) خطواره‌های مغناطیسی غالباً به سمت شرق جنوب شرق آرایش نشان می‌دهند و دارای میانگین کلی  $۱۲۰/۲۰$  می‌باشند (شکل ۵-۴۹-ب). با توجه به وضعیت خطواره‌های مغناطیسی مشاهده می‌شود که شیب خطواره‌های مغناطیسی در حاشیه‌های غربی و جنوب توده بیشتر است. این موضوع مشخص می‌سازد که ماگمای سازنده این توده از حاشیه‌های غربی و جنوبی به سمت بالا صعود کرده است. از آنجاییکه خطواره‌های مغناطیسی معادل الگوی جریان ماگما در نظر گرفته می‌شوند می‌توان نتیجه گرفت که این دو قلمرو با اندکی تأخیر زمانی نسبت به یکدیگر جای گرفته‌اند. بر اساس همگرایی خطواره‌های مغناطیسی در قلمروهای  $A_1$  و  $A_2$  و شواهد ناشی از تزریق

مکرر ماگما در قلمرو B (قطع شدن قلمرو توسط گرانیتهای تورمالین دار) جایگیری قلمرو A بر B  
تقدم داشته است.

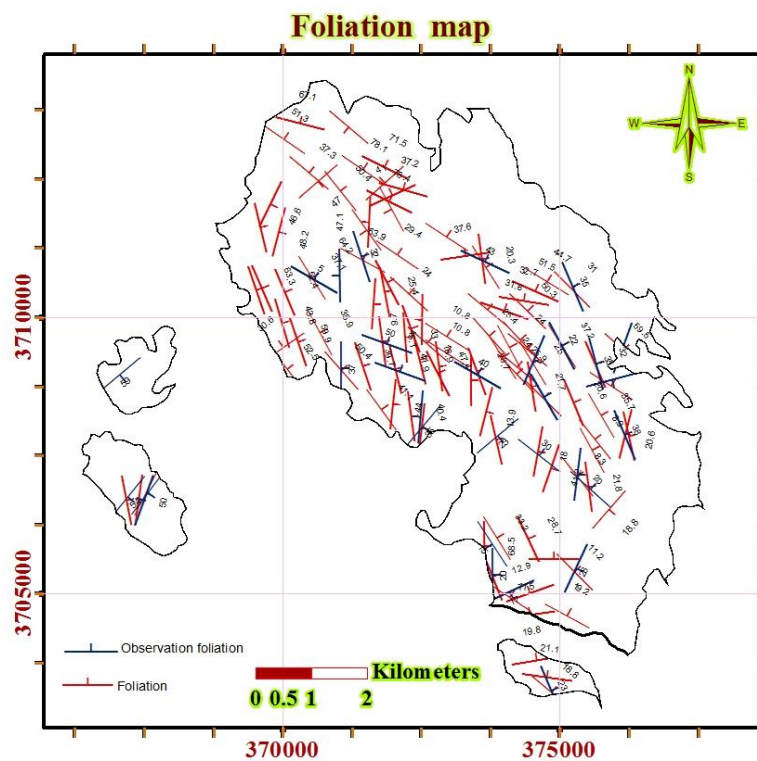


شکل ۵-۴۹- نقشه خطواره‌های مغناطیسی توده گرانیتهوئیدی دریاغ نمایش محدوده قلمروهای A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> و B (الف)، و همچنین استریوگرامهای هر کدام از آنها (ب).



شکل ۵-۵۰- استریوگرام ترسیم شده بر اساس داده‌های بدست آمده در قلمرو A و B. الف- استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت خطواره‌های مغناطیسی و صفحات برگواره‌های مغناطیسی قلمرو A، ب- استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت خطواره‌های مغناطیسی و صفحات برگواره‌های مغناطیسی قلمرو B.

استریوگرامها و رزدياگرامهای ترسيم شده در شكل ۵-۵۰ چگونگی تغييرات شيب خطوارههای مغناطیسی و برگوارههای مغناطیسی در ۱۲۱ ایستگاه مغزه برداری را نشان می دهند و غالباً معرف آنند که جهت شيب خطوارههای مغناطیسی قلمرو A به سمت شمال و در قلمرو B به سمت شرق جنوب شرق و برگوارههای مغناطیسی هر دو قلمرو به سمت شمال شرق می باشند. البته جهت اطمینان از اندازه گیری های انجام گرفته در روش فابریک های مغناطیسی، برگوارههای مغناطیسی نیز در صحرا اندازه گیری شده است که نتایج آن تقریباً با برگوارههای مغناطیسی به دست آمده منطبق می باشد (شكل ۵-۵۱).



شكل ۵-۵۱- انطباق برگوارههای مغناطیسی با برگوارههای حاصل از برداشتهای صحرائی در توده گرانیتوئیدی درّه باغ.

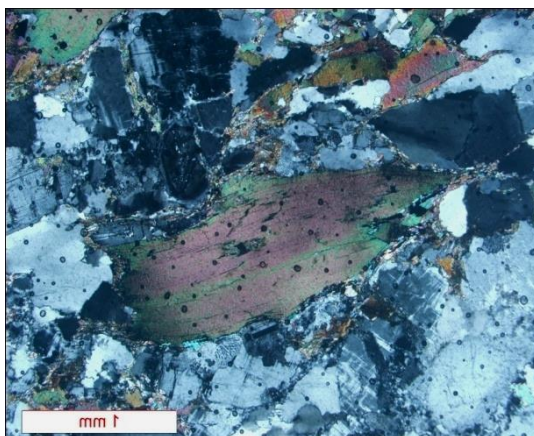
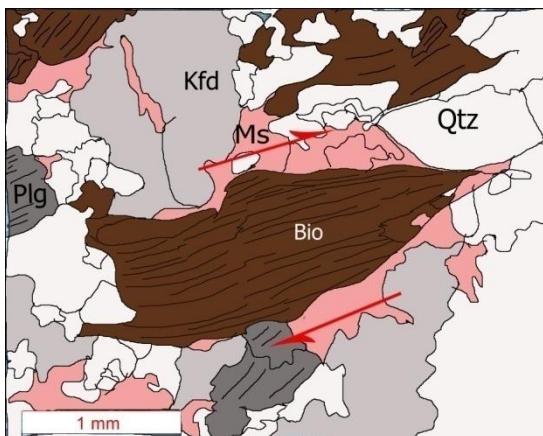
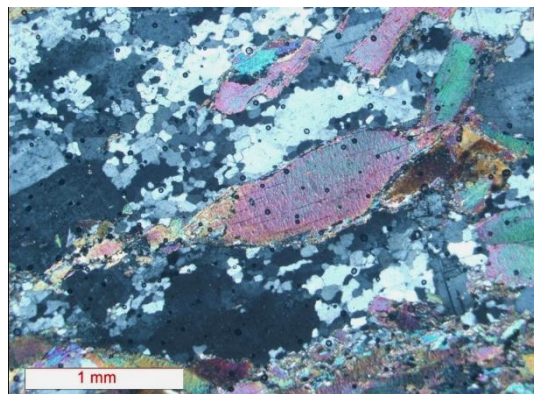
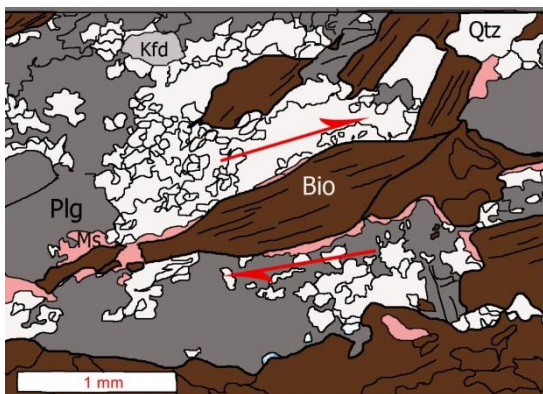
در کل با بررسی خطواره، برگوارههای مغناطیسی و مطالعات صحرائی درمی یابیم که توده گرانیتوئیدی درّه باغ به صورت یک سیل بزرگ جایگزین شده که در آن ماگما از سمت شمال غرب تزریق شده و به سمت جنوب شرق جریان یافته است. لازم به ذکر است این سیل بزرگ در ارتباط با زون برشی بزرگ

مقیاس که خود در ارتباط با گسل‌های راست‌بر بزرگ، تشکیل شده‌اند، فضای کافی و مناسب برای جایگیری پیدا کرده است. برگواره‌های اندازه‌گیری شده در صحرا کاملاً با برگواره‌های مغناطیسی سازگار هستند همچنین آنکلاوهای موجود در توده نفوذی نیز در راستای این برگوارگی قرار دارند که همگی این موارد شاهی بر صحت مطالعات مغناطیسی می‌باشد.

## ۵-۶- نتیجه‌گیری

بر اساس اندازه‌گیری‌های صورت گرفته مقدار خودپذیری مغناطیسی ( $K_m$ ) بر حسب  $\mu SI$  در واحدهای سنگی مختلف سازنده توده گرانیتوئیدی دره‌باغ عبارت است از: گرانودیوریتها (۲۸۵)، لوکوگرانیتها (۴۷)، میگماتیتها (۴۳۴) و آنکلاوهای سورمیکاسه (۳۸۹). خطواره‌های مغناطیسی مبتنی بر مقادیر برداری  $K_1$  و الگوی توزیع آنها معرف آن است که این توده گرانیتوئیدی به سه قلمرو و زیر قلمرو ( $A_1$ ,  $A_2$  و  $B$ ) قابل تقسیم است. در زیر قلمروهای  $A_1$  و  $A_2$  یا به عبارت کلی تر قلمرو  $A$  خطواره‌ها غالباً به سمت شمال می‌باشند. در حاشیه جنوبی و غربی توده خطواره‌های قلمرو دارای شیب بیشتری هستند. به سمت شرق شیب خطواره‌ها کاهش می‌یابد. میانگین کلی خطواره‌ها در قلمرو برابر است با:  $۳۵۸/۱۹$ . در بخش میانی توده (قلمرو  $B$ ) خطواره‌های مغناطیسی غالباً به سمت شرق جنوب شرق آرایش نشان می‌دهند و دارای میانگین کلی  $۱۲۰/۲۰$  می‌باشند. از آنجاییکه خطواره‌های مغناطیسی معادل الگوی جریان ماگما در نظر گرفته می‌شوند می‌توان نتیجه گرفت که این دو قلمرو با اندکی تأخیر زمانی نسبت به یکدیگر جای گرفته‌اند. بر اساس همگرایی خطواره‌های مغناطیسی در قلمروهای  $A_1$  و  $A_2$  و شواهد ناشی از تزریق مکرر ماگما در قلمرو  $B$  (قطع شدن قلمرو توسط گرانیت‌های تورمالین‌دار) جایگیری قلمرو  $A$  بر  $B$  تقدم داشته است. در ضمن الگوی توزیع برگواره‌های مغناطیسی در هر دو قلمرو یکسان می‌باشد. این امر نشان می‌دهد که سازوکار غالب مؤثر در جایگیری توده گرانیتوئیدی دره‌باغ در طول دوره تشکیل آن تغییر چندانی نداشته است. با توجه به مبانی تعبیر و تفسیر پارامترهای مغناطیسی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ به شکل یک سیل نسبتاً بزرگ جای‌گرفته

است. در ضمن جایگیری این توده در ارتباط با عملکرد یک زون برشی راستبر در یک رژیم ترا فشارشی (Transpression) صورت گرفته است. نقشه‌های نشان‌دهنده تغییرات مقادیر P و T و همچنین مطالعه ریزساختها نشان می‌دهد که دگرشکلی از سمت غرب به شرق افزایش یافته است. این امر توسط تشکیل ساب‌گرین شدن، ایجاد ماکل مکانیکی، تغییر سیستم کانی‌شناسی، بروز خاموشی شدید و ... تأیید می‌گردد.



شکل ۵-۵۲- تصاویر میکروسکوپی و تصاویر شماتیک آن در نمونه‌های گرانودیوریتی. بیوتیت و مسکوویت‌ها تحت تأثیر تنش، به میکاماهی مبدل می‌شود که می‌تواند جهت نیروی برشی را مشخص سازد.

از ساختارهای میکروسکوپی می‌کاهایی که تحت تأثیر تنش به صورت میکا ماهی ظاهر شده‌اند راست‌گرد یا چپ‌گرد بودن زون‌های برشی استنباط می‌گردد. همانطور که در شکل ۵-۵۲ مشاهده می‌شود میکا ماهی‌های موجود در زون‌های برشی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ، وجود زون برشی راست‌گرد را تأیید می‌کنند.

خاستگاه ساختاری این توده‌های گرانیتوئیدی، فضا‌های کششی (extensional shear fractures) محصول رژیم تکتونیکی ترافشارشی (transpression) در فرایند همگرایی ارزیابی می‌گردد. پهنه‌های برشی امتدادلغز، همسو با تکتونیک برشی (synthetic shear zones) می‌باشند (محجل، ۱۳۸۴).

در شکل ۵-۵۳ حوضه‌های کششی جدایشی (Pull-apart) را مشاهده می‌کنید که نوعی از شکستگی‌های کششی هستند. این ساختارها زمانی تشکیل می‌شوند که بین قطعات گسلی کشش حاکم باشد (کیم و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۴). فضای کششی که در این ارتباط تشکیل می‌شوند، محیط مناسبی برای جایگزینی توده‌های گرانیتوئیدی می‌باشند.

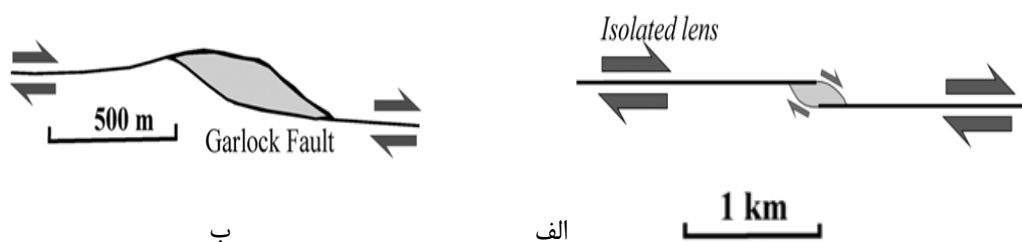
بر طبق مدل کاسترو ۱۹۸۶، اعمال نیروی برشی راست‌بر در منطقه موجب ایجاد فضای Z شکل در بین صفحه برشی شده و در نتیجه مکان مناسب برای جایگیری توده گرانیتوئیدی تشکیل شده است (محجل و فرگوسن، ۲۰۰۰). این شرایط جایگیری با نتایج حاصل از مطالعات فابریکهای مغناطیسی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ بسیار سازگار می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که توده مورد مطالعه تحت تأثیر یک تنش ترافشارشی راست‌بر با روند شمال غرب- جنوب شرقی در منطقه نفوذ کرده است و با شیب بسیار کم شبیه یک سیل بزرگ جای گرفته است. با توجه به وضعیت خطواره‌های مغناطیسی مشاهده می‌شود که شیب خطواره‌های مغناطیسی در حاشیه‌های غربی و جنوب توده بیشتر است. این موضوع مشخص می‌سازد که ماگمای سازنده این توده از حاشیه‌های غربی و جنوبی به سمت بالا صعود کرده است. با توجه به مجموع ملاحظات زمین‌شناسی، یک ساختار سیل مانند بزرگ برای مدل جایگیری توده می‌توان در نظر گرفت که زون تغذیه کننده آن در حاشیه غربی و جنوبی توده گرانیتوئیدی دره‌باغ واقع است. حضور میگماتیتها، توده‌های کوچک مقیاس دیوریتی و گسیختگی دیوریتها در این منطقه، مؤید اظهارات فوق است.

---

1-Kim et.al.

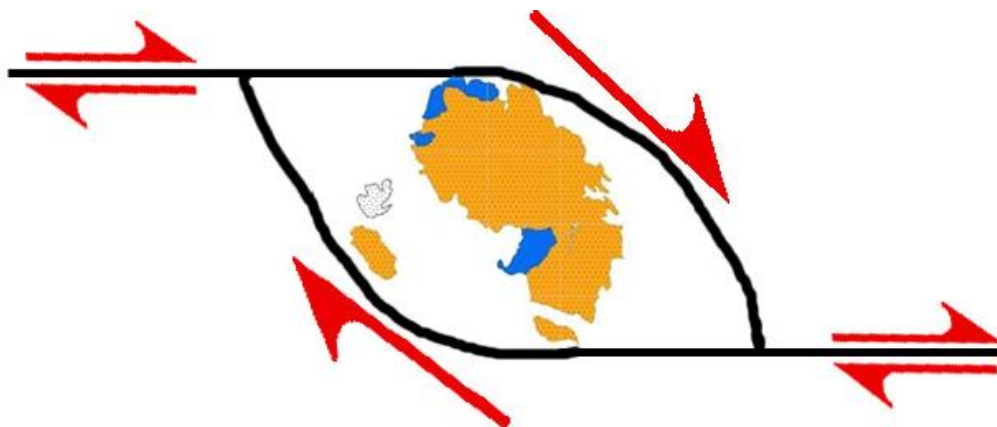
در شکل ۵-۵۴ و ۵-۵۵ تحولات ساختاری در ارتباط با ایجاد فضای مناسب برای جایگیری توده‌های نفوذی گرانیتوئیدی از جمله توده گرانیتوئیدی دره‌باغ نشان داده شده است. این تحولات با عنایت به ویژگی‌های ساختاری گل‌زرد و شرایط زمین‌شناسی منطقه ارائه شده است و ایده فکری آن برای توده نفوذی مطالعه شده در زون سنندج- سیرجان توسط دکتر محجل ارائه شده است که خود یکی از صاحب‌نظران و افرادی است که در زون سنندج- سیرجان مطالعات زیادی انجام داده است

خاستگاه ساختاری اکثر قریب به اتفاق توده‌های نفوذی زون سنندج سیرجان در فضاهای کششی محصول رژیم تکتونیکی ترافشارشی در فرایند همگرایی در نظر گرفته شده‌اند. با توجه به وضعیت خطواره‌ها و برگواره‌های مغناطیسی و شیب کم تا متوسط آن‌ها، استنباط می‌شود که ماگما ابتدا تحت تأثیر تکتونیک ترافشارشی به لایه‌های بالاتر صعود کرده و به صورت یک سیل بزرگ در بین لایه‌های سنگ میزبان از سمت شمال غرب به جنوب شرق تزریق شده است فضای کششی ایجاد شده به همراه باز شدن و چرخش به شکل عدسی در آمده و با ادامه چرخش فضای بیشتری برای نفوذ توده باز شده است و سرانجام توده گرانیتوئیدی دره‌باغ در موقعیت فعلی خود با راستای شمال غرب جنوب شرق قرار گرفته است (شکل ۵-۵۷). مدل جایگیری توده گرانیتوئیدی دره‌باغ مؤید الگوی تکتونوماگمایی پیشنهادی باغبانی، ۱۳۹۰ برای توده‌های گرانیتوئیدی شمال ازنا- الیگودرز می‌باشد (شکل ۵-۵۸).

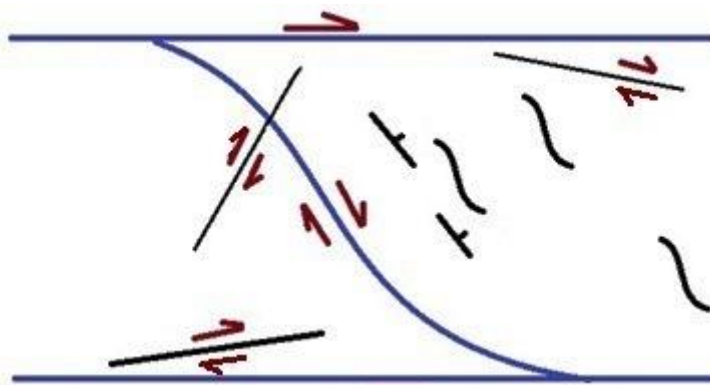


شکل ۵-۵۳- حوضه‌های کششی جدایشی به عنوان فضا یا محیطی مناسب برای جایگیری توده گرانیتوئیدی دره‌باغ.

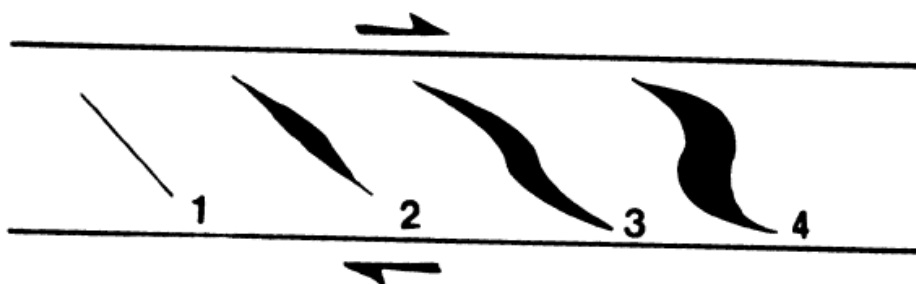




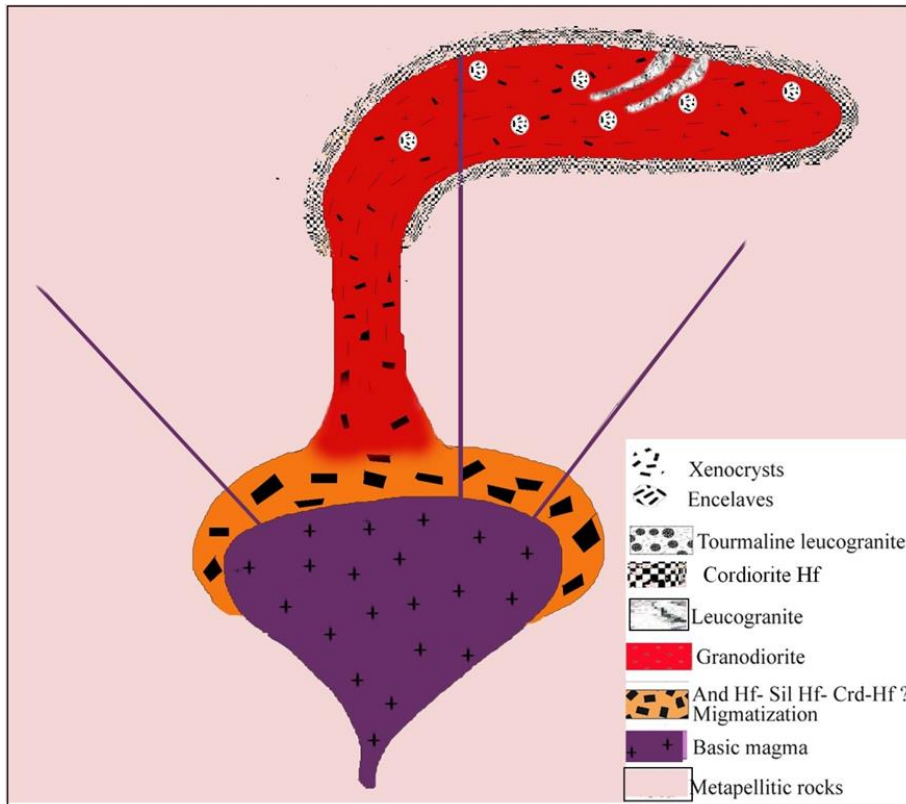
شکل ۵-۵۴- طرح شماتیک از ایجاد حوضه کششی جدایشی برای جایگیری توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ.



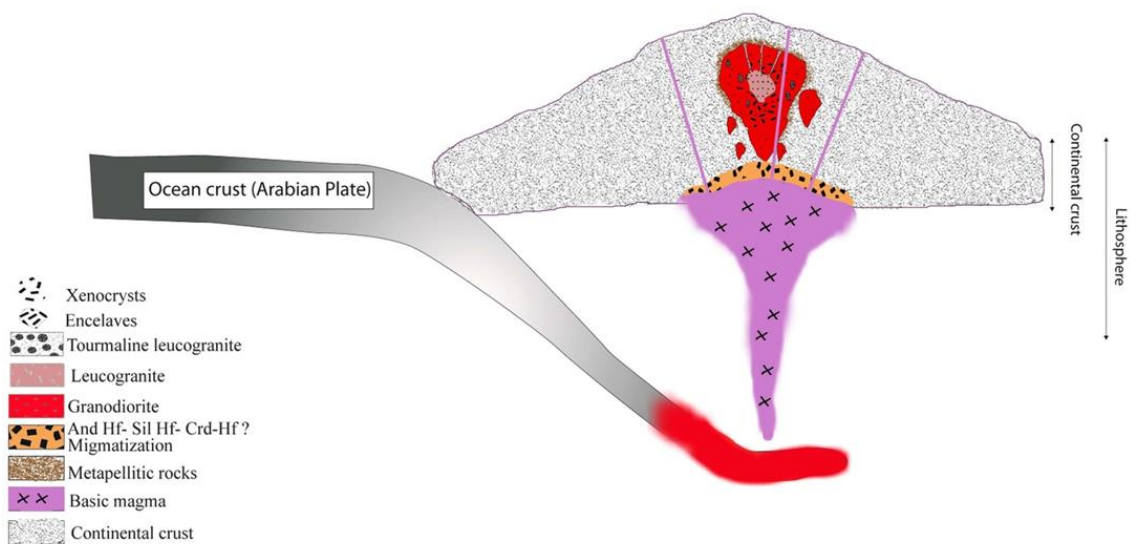
شکل ۵-۵۵- طرحی شماتیک از نحوه عملکرد نیروهای برشی و کششی در ارتباط با تشکیل توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ.



شکل ۵-۵۶- طرح شماتیکی از تحولات ساختاری در ارتباط با ایجاد فضای مناسب برای جایگزینی توده‌های نفودی گرانیتوئیدی از جمله توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ.



شکل ۵-۵۷- الگوی تکتونوماگمایی توده گرانیتوئیدی دره باغ.



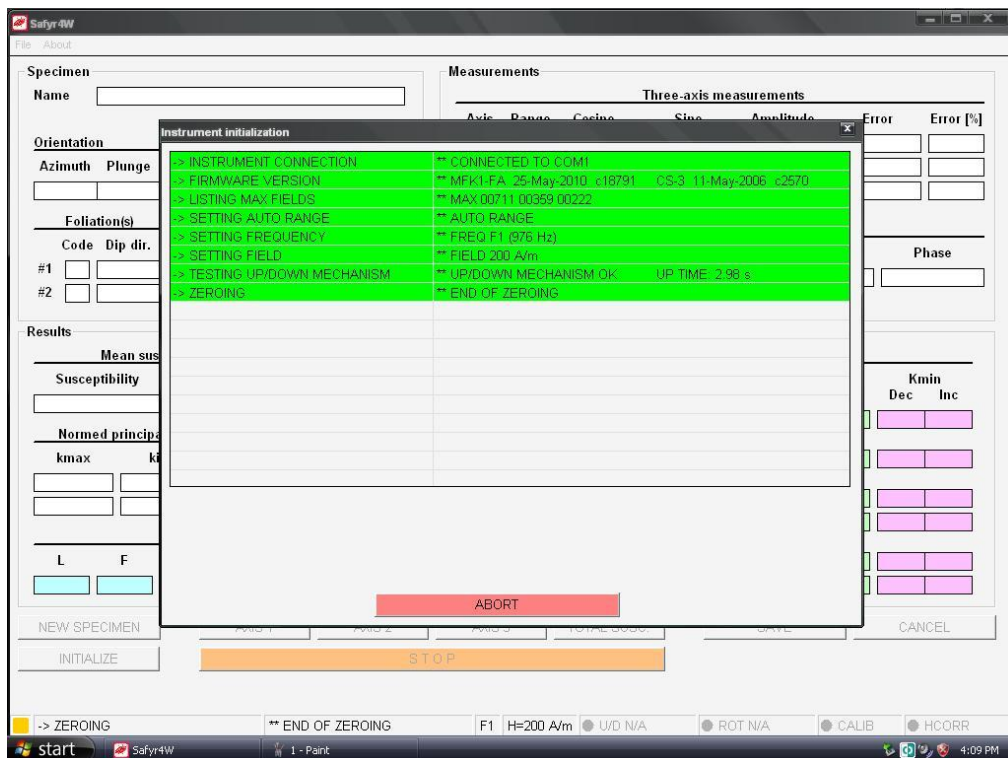
شکل ۵-۵۸- الگوی تکتونوماگمایی توده های نفودی شمال ازنا-الیگودرز (باغبانی، ۱۳۹۰).

# پیوست ۱

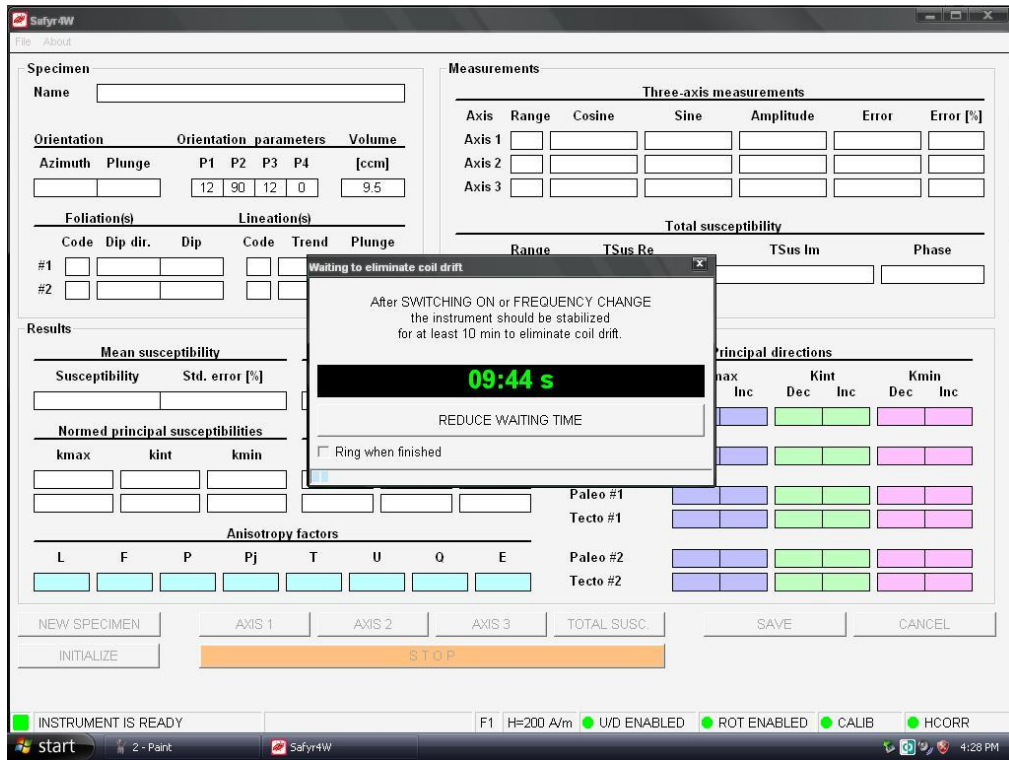
شکل ۱- مراحل مختلف اندازه‌گیری خودپذیری مغناطیسی با استفاده از نرم‌افزار Safyr4w.



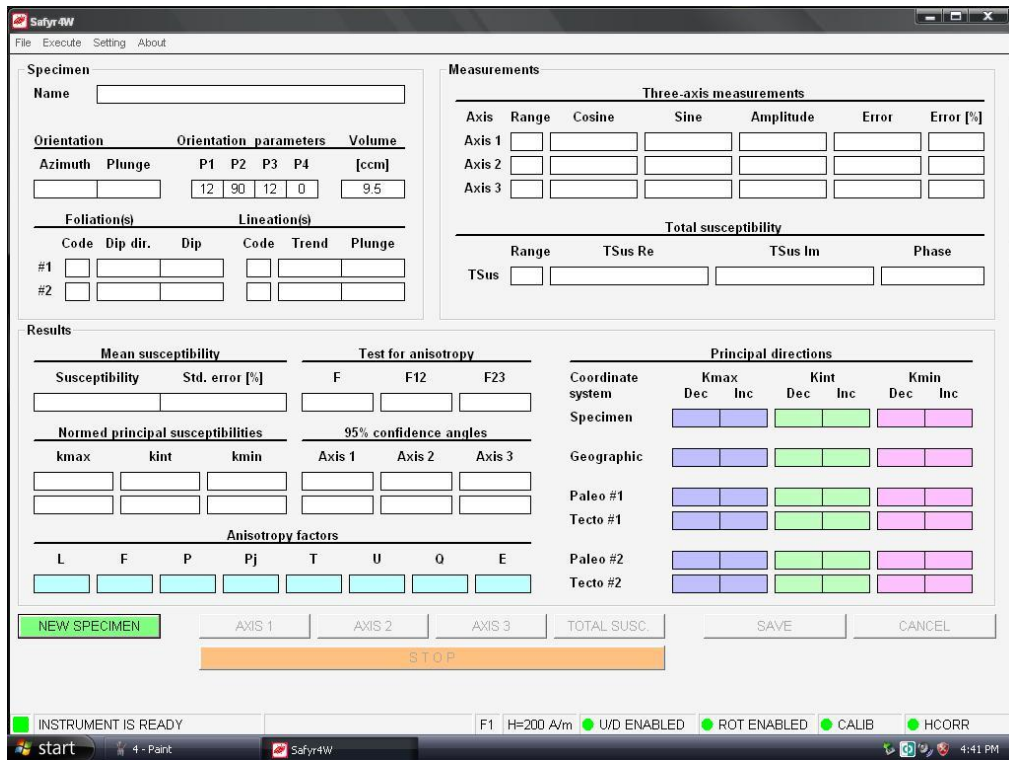
۱



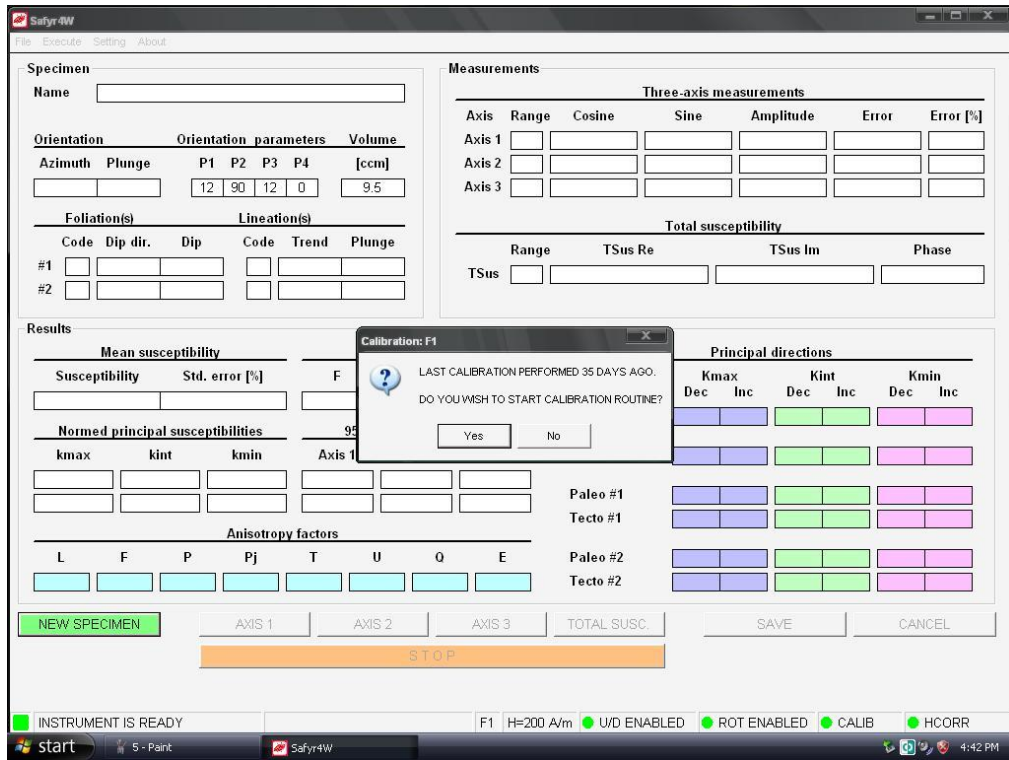
۲



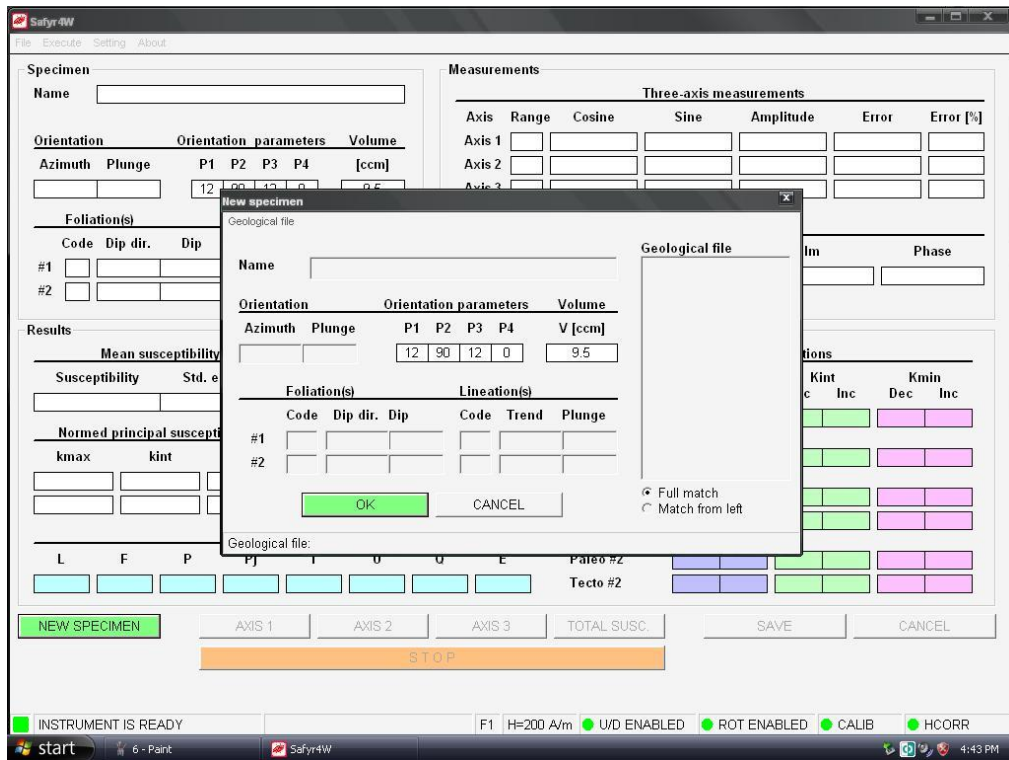
3



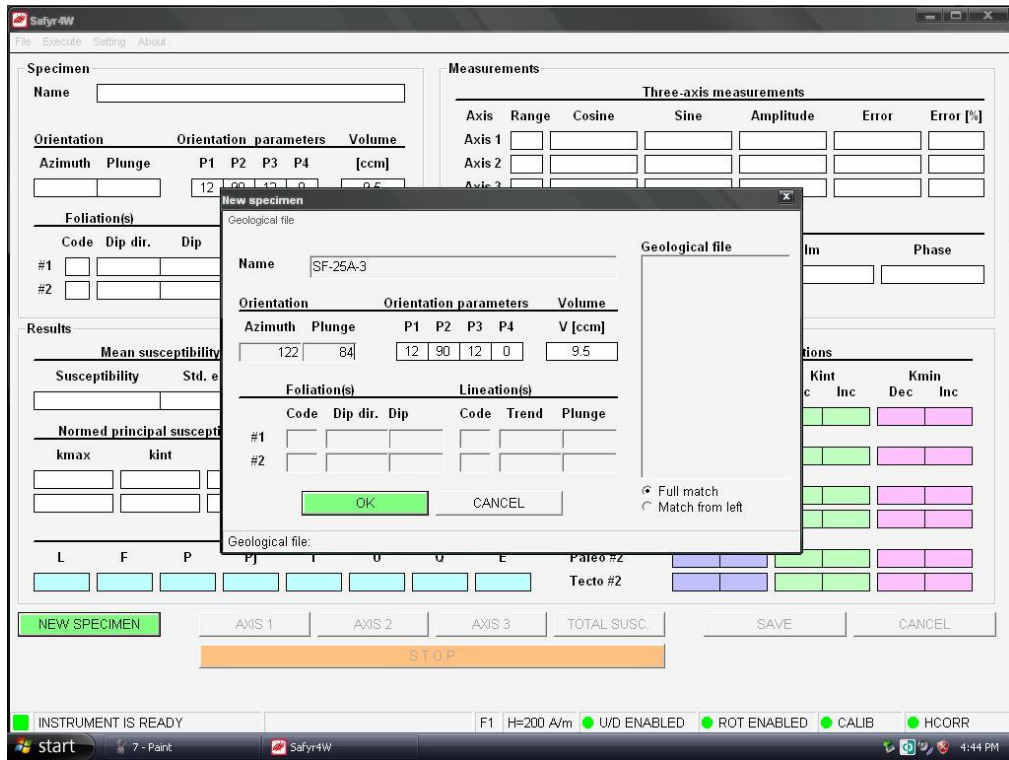
4



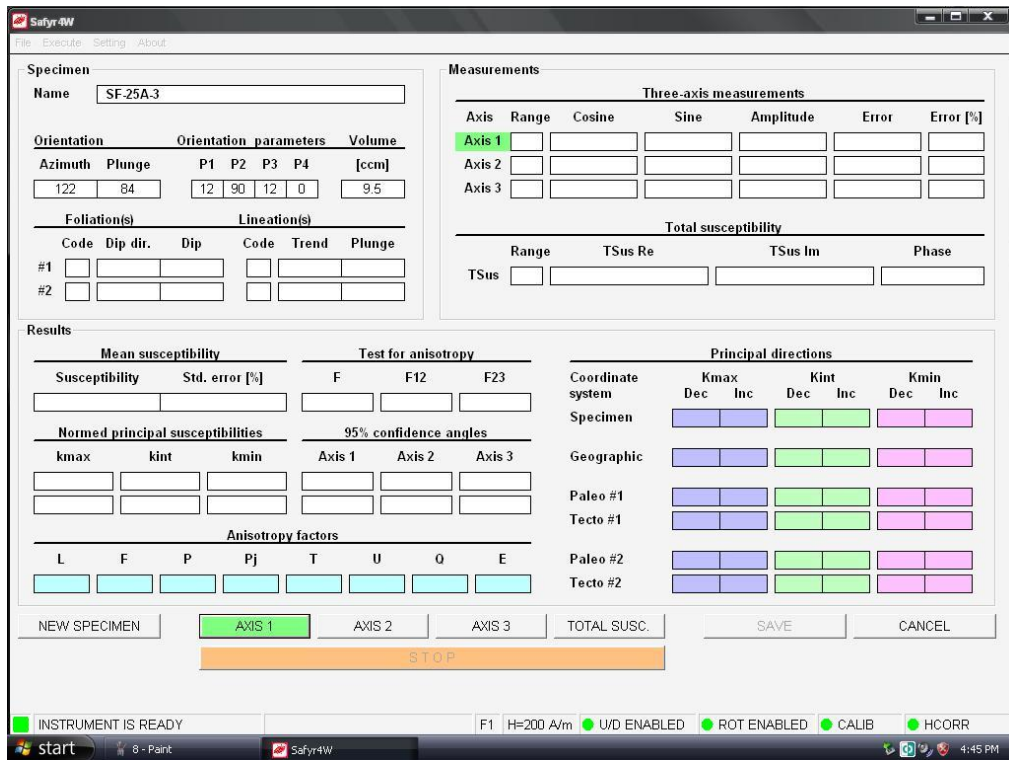
5



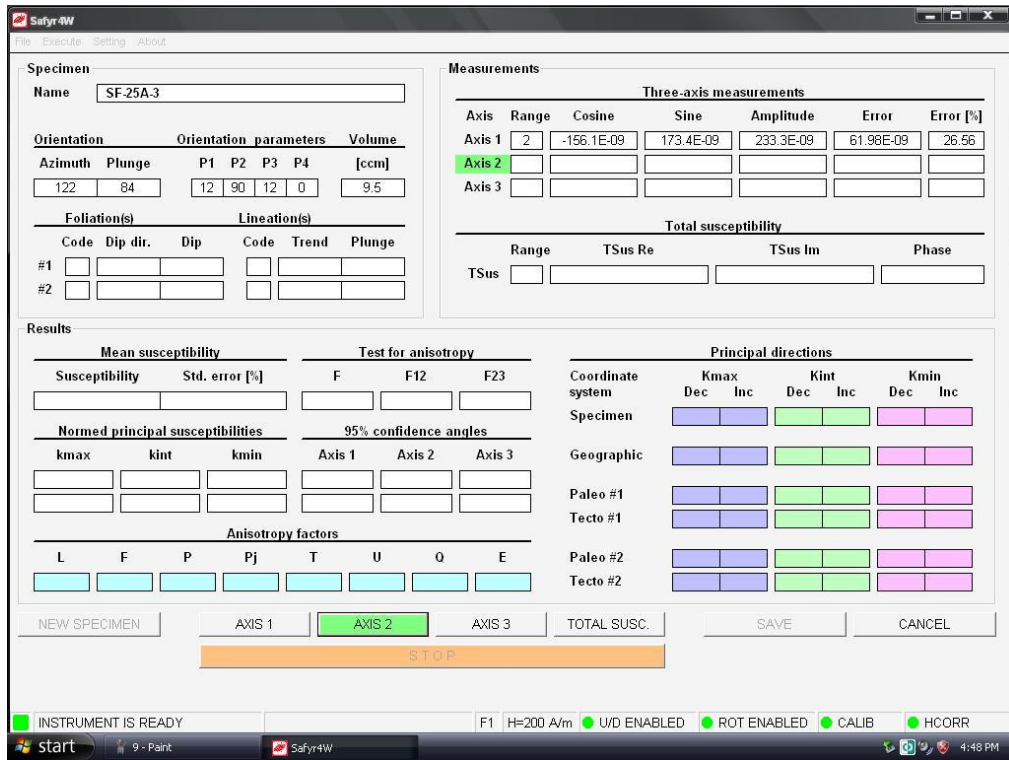
6



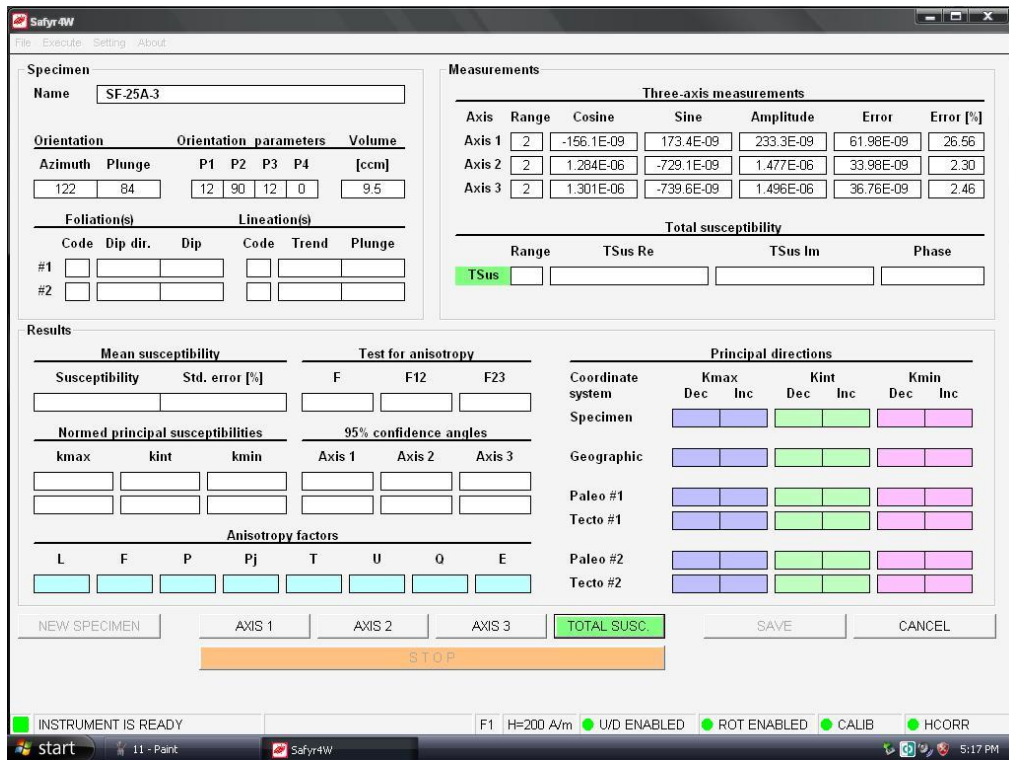
∨



∧



9



10



**Safyr4W**

File Execute Setting About

**Specimen**  
Name: SF-25A.3

**Orientation**      **Orientation parameters**      **Volume**  
Azimuth    Plunge      P1    P2    P3    P4      [ccm]  
122      84      12    90    12    0      9.5

**Foliation(s)**      **Lineation(s)**  
Code    Dip dir.    Dip      Code    Trend    Plunge  
#1      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]  
#2      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]

**Measurements**

**Three-axis measurements**

Axis	Range	Cosine	Sine	Amplitude	Error	Error [%]
Axis 1	2	-156.1E-09	173.4E-09	233.3E-09	61.98E-09	26.56
Axis 2	2	1.284E-06	-729.1E-09	1.477E-06	33.98E-09	2.30
Axis 3	2	1.301E-06	-739.6E-09	1.496E-06	36.76E-09	2.46

**Total susceptibility**

Range	TSus Re	TSus Im	Phase
TSus 2	298.3E-06	5.626E-06	1.08

**Results**

**Mean susceptibility**

Susceptibility	Std. error [%]
314.1E-06	0.284

**Test for anisotropy**

F	F12	F23
1.1	0.5	0.8

**Principal directions**

Coordinate system	Kmax		Kint		Kmin	
	Dec	Inc	Dec	Inc	Dec	Inc
Specimen	346	54	135	32	234	15
Geographic	110	48	254	36	358	19
Paleo #1						
Tecto #1						
Paleo #2						
Tecto #2						

**Normed principal susceptibilities**

kmax	kint	kmin	Axis 1	Axis 2	Axis 3
1.0041	1.0004	0.9955	56.0	47.5	33.7
+/- 0.0022	+/- 0.0023	+/- 0.0022	33.6	55.9	47.6

**95% confidence angles**

**Anisotropy factors**

L	F	P	Pj	T	U	Q	E
1.004	1.005	0.863	1.009	0.141	0.139	0.549	1.001

NEW SPECIMEN    AXIS 1    AXIS 2    AXIS 3    TOTAL SUSC.    SAVE    CANCEL

STOP

INSTRUMENT IS READY    F1 H=200 A/m    U/D ENABLED    ROT ENABLED    CALIB    HCORR

start    12 - Paint    Safyr4W    5:17 PM

11

**Safyr4W**

File Execute Setting About

**Specimen**  
Name: SF-25A.3

**Orientation**      **Orientation parameters**      **Volume**  
Azimuth    Plunge      P1    P2    P3    P4      [ccm]  
122      84      12    90    12    0      9.5

**Foliation(s)**      **Lineation(s)**  
Code    Dip dir.    Dip      Code    Trend    Plunge  
#1      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]  
#2      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]

**Measurements**

**Three-axis measurements**

Axis	Range	Cosine	Sine	Amplitude	Error	Error [%]
Axis 1	2	-156.1E-09	173.4E-09	233.3E-09	61.98E-09	26.56
Axis 2	2	1.284E-06	-729.1E-09	1.477E-06	33.98E-09	2.30
Axis 3	2	1.301E-06	-739.6E-09	1.496E-06	36.76E-09	2.46

**Total susceptibility**

Range	TSus Re	TSus Im	Phase
TSus 2	298.3E-06	5.626E-06	1.08

**Results**

**Mean susceptibility**

Susceptibility	Std. error [%]	F
314.1E-06	0.284	1.1

**Test for anisotropy**

F	F12	F23
1.1	0.5	0.8

**Principal directions**

Coordinate system	Kmax		Kint		Kmin	
	Dec	Inc	Dec	Inc	Dec	Inc
Specimen	346	54	135	32	234	15
Geographic	110	48	254	36	358	19
Paleo #1						
Tecto #1						
Paleo #2						
Tecto #2						

**Normed principal susceptibilities**

kmax	kint	kmin	Axis 1	Axis 2	Axis 3
1.0041	1.0004	0.9955	56.0	47.5	33.7
+/- 0.0022	+/- 0.0023	+/- 0.0022	33.6	55.9	47.6

**95% confidence angles**

**Anisotropy factors**

L	F	P	Pj	T	U	Q	E
1.004	1.005	0.863	1.009	0.141	0.139	0.549	1.001

NEW SPECIMEN    AXIS 1    AXIS 2    AXIS 3    TOTAL SUSC.    SAVE    CANCEL

STOP

INSTRUMENT IS READY    F1 H=200 A/m    U/D ENABLED    ROT ENABLED    CALIB    HCORR

start    13 - Paint    Safyr4W    5:18 PM

12

115

پیوست ۲

جدول ۱- داده‌های موقعیت جغرافیایی و شیب و امتداد مغزه‌های برداشت شده در هر ایستگاه.

Station	X	Y	A	B	C	D	E	F	G
SF-1	376324	3707853	0/90	198/80					
SF-2	376241	3707880	2/82	5/79					
SF-3	376232	3707897	242/86	223/86	0/90				
SF-4	375842	3708253	308/72	221/82	254/67	263/61			
SF-5	375461	3708756	0/90	265/78	315/65	0/90	100/171	256/79	100/71
SF-6	374602	3709194	51/77	68/51	355/76	284/78			
SF-7	375957	3708809	180/68	85/86	69/79	233/27	339/68		
SF-8	376183	3709429	0/90	0/90					
SF-9	375729	3709181	129/76	251/67					
SF-10	375120	3709518	217/69	192/82	3/67	266/75			
SF-11	375959	3706464	35/78	75/84	270/81				
SF-12	375427	3706919	239/87	27/78					
SF-13	375602	3706937	309/76	101/85					
SF-14	375489	3707076	0/90	0/90					
SF-15	375378	3707156	122/81	0/90					
SF-16	374898	3707249	167/84	237/83	8/75	31/83	305/88		
SF-17	374678	3707559	0/90	73/84					
SF-18	374296	3707618	95/82	0/90	168/83	0/90			
SF-19	375331	3705434	73/80	0/90	320/62				
SF-20	374906	3705693	17/82	0/90	182/67				
SF-21	374903	3703263	11/85	246/81	284/53	287/81	0/90		
SF-22	374760	3703547	220/76	271/79					
SF-23	374567	3703871	103/87	0/90					
SF-24	375176	3704674	43/83	292/66	0/90	213/85	223/65		
SF-25	374506	3706018	326/74	230/78					
SF-26	373338	3706125	315/83	69/83	97/77				
SF-27	373929	3706041	304/83	336/86					
SF-28	373710	3705855	47/87	0/90	27/83				
SF-29	373854	3705341	0/90	168/78					
SF-30	374121	3704985	0/90	102/85	0/90				
SF-31	374453	3705055	82/82	0/90					
SF-32	374461	3704683	198/85	57/80					
SF-33	375286	3710576	0/90	172/79	0/90		222/80		
SF-34	374500	3710173	286/47	259/67	238/72				
SF-35	374577	3710543	229/55	225/74					
SF-36	374802	3710735	289/73	270/80	249/81	263/85	217/87	162/80	154/68
SF-37	373927	3707798	229/83	287/82	280/78	9/81	0/90		
SF-38	372564	3707993	293/53	301/83	290/87				
SF-39	372406	3708218	0/90	282/73	280/87				
SF-40	372058	3708420	0/90	281/83	278/82				
SF-41	373472	3708866	210/84	169/84	159/86				
SF-42	372903	3709118	353/87	30/83	281/52				
SF-43	373734	3710190	140/85	74/86	270/74				
SF-44	369579	3710504	75/85	140/83	62/84	80/84			
SF-45	370062	3709915	110/72	180/71	334/77	205/84	222/79		
SF-46	370150	3709103	193/83	114/78					

SF-47	369948	3709520	190/83	237/67					
SF-48	370334	3709571	323/85	271/54					
SF-49	371118	3709089	0/90	153/83	138/87				
SF-50	370748	3709763	71/84	148/69	123/83				
SF-51	370125	3710497	141/85	273/78	170/84				
SF-52	370607	3710753	206/71	278/82	82/78				
SF-53	367443	3706702	270/56	340/43	340/56				
SF-54	367245	3706707	255/82	308/29	21/74	49/60	47/60		
SF-55	367610	3706776	19/81	318/59					
SF-56	367090	3708903	0/90	45/76	71/82				
SF-57	369228	3711395	280/80	122/85	160/83	146/85			
SF-58	369668	3711637	255/71	202/86	335/78	0/90			
SF-59	369854	3712023	195/85	125/81					
SF-60	370061	3713283	102/78	180/84	45/30	50/30			
SF-61	370357	3713718	91/85	15/71					
SF-62	370334	3713586	277/85	329/80	306/82				
SF-63	371161	3713391	201/84	270/81	54/80	86/85	312/80	298/44	
SF-64	370947	3710759	54/86	133/83					
SF-65	372110	3711198	156/85	229/77					
SF-66	372981	3711516	228/86	222/85					
SF-67	371899	3711911	16/85	266/60	83/84				
SF-68	371956	3712165	135/86	65/83					
SF-69	371970	3712291	25/86	7/87					
SF-70	371783	3712472	0/90	70/83					
SF-71	371494	3712733	67/85	58/83					
SF-72	371880	3712789	169/84	0/90					
SF-73	372174	3712380	125/86	73/54	288/83	116/86			
SF-74	373300	3711174	191/86	339/85	259/86				
SF-75	370522	3712673	0/90	173/85					
SF-76	370690	3712404	171/84	28/86					
SF-77	371108	3712335	0/90	15/82					
SF-78	371492	3711716	71/71	326/85					
SF-79	371464	3711533	84/72	0/90	0/90				
SF-80	369997	3711512	101/81	333/87					
SF-81	371494	3711112	23/85	188/86					
SF-82	371971	3710684	177/83	210/85					
SF-83	372319	3710483	359/86	0/90					
SF-84	371909	3710473	145/81	68/82					
SF-85	371705	3710246	0/90	100/86					
SF-86	369692	3710567	95/82	173/85	199/85				
SF-87	375705	3707842	316/65	330/63	82/341				
SF-88	375671	3707632	108/86	278/74					
SF-89	375310	3708499	75/69	111/79	52/86	0/90			
SF-90	374778	3708603	260/80	268/88					
SF-91	374565	3708764	262/64	296/69					
SF-92	374300	3709027	329/84	212/85	260/86				
SF-93	374280	3709164	118/80	199/86	126/82				
SF-94	374460	3709476	126/84	108/85	91/82				

SF-95	374339	3709640	213/88	165/85					
SF-96	374176	3709498	161/80	260/80					
SF-97	374029	3709315	63/84	96/84					
SF-98	372107	3709068	293/86	264/86					
SF-99	371851	3708381	24/85	35/83					
SF-100	372552	3709230	319/85	24/81	357/81				
SF-101	372655	3709591	246/86	74/78					
SF-102	372357	3709805	0/90	282/85					
SF-103	372451	3709961	290/86	201/85					
SF-104	372288	3709658	94/69	0/90	52/66				
SF-105	371883	3709564	0/90	0/90	309/88				
SF-106	371507	3709126	208/86	0/90	0/90				
SF-107	373727	3708278	96/72	348/86	0/90				
SF-108	372987	3709703	180/72	348/86	0/90				
SF-109	372980	3709400	0/90	140/87	113/86				
SF-110	372872	3709025	32/64	22/84					
SF-111	373559	3709030	0/86	344/84	333/85				
SF-112	373778	3709714	329/83	62/87					
SF-113	374009	3710168	142/86	0/90					
SF-114	372110	3711198	155/82	101/88	296/81				
SF-115	372981	3711516	209/87	221/86					
SF-116	371899	3711911	200/84	59/83	306/83				
SF-117	374336	3710344	244/60	0/90	239/84				
SF-118	374360	3710380	24/87	0/90	90/51	185/87			
SF-119	373972	3710418	243/84	194/85	238/87				
SF-120	373740	3710945	80/84	16/86					
Sf-121	373670	3711062	231/59	128/82	62/87				

جدول ۲- داده‌های خروجی حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای انتخابی توسط دستگاه MFK1-FA به ازای هر نمونه.

name	K <sub>m</sub>	p <sub>j</sub>	T	K <sub>1dec</sub>	K <sub>1inc</sub>	K <sub>2dec</sub>	K <sub>2inc</sub>	K <sub>3dec</sub>	K <sub>3inc</sub>
SF-1A-1	321	1.093	0.645	164.2	10.7	67.8	30.4	271.4	57.3
SF-1A-2	286	1.098	0.639	145.6	14.6	49.4	22.7	265.8	62.6
SF-1A-3	224	1.105	0.716	141.5	10.1	47.3	22.5	254	65.1
SA-1B-1	280	1.106	0.648	350.3	9.2	86.5	33.9	247.1	54.5
SF-1B-2	270	1.111	0.68	347.3	3.5	79.7	35.4	252.4	54.3
SF-1B-3	270	1.118	0.572	162.6	4	70.1	32.5	258.8	57.2
SF-2A-1	234	1.086	0.581	164.5	10.8	70.6	19.7	281.8	67.3
SF-2A-2	277	1.093	0.581	183.9	8	90.8	20.7	293.8	67.6
SF-2A-3	249	1.092	0.64	166.4	12.5	71.3	22	283.9	64.4
SF-2B-1	246	1.092	0.655	152.6	14.4	59.4	12.3	290.4	70.9
SF-2B-2	231	1.09	0.7	166.7	1.6	76.3	14.6	262.8	75.3
SF-3A-1	36.8	1.027	0.443	23.3	19.6	123.8	27	262	55.7
SF-3A-2	37.5	1.027	0.446	47.2	3.6	137.5	5.4	283.7	83.5
SF-3B-1	26.9	1.054	0.396	10.2	13.4	104.1	16	242.2	68.9
SF-3B-2	30.6	1.046	0.201	357	12.1	87.3	1.4	184	77.8
SF-3B-3	24.4	1.066	0.029	19.8	15.4	114.5	16.4	248.8	67.2
SF-3C-1	32.6	1.041	0.551	18.5	17.3	111.1	8.3	225.8	70.7
SF-3C-2	26.5	1.053	0.231	358.6	10.9	92.6	19.9	241.6	67.1
SF-3C-3	27.7	1.049	0.759	314.9	5.6	46.9	19.6	209.6	69.6
SF-4A-1	260	1.088	0.365	134	8.1	37.3	39.6	233.5	49.3
SF-4A-2	253	1.098	0.657	155.7	1.8	64.2	38.6	248	51.3
SF-4A-3	253	1.092	0.629	144.6	8.5	50.2	27	250.6	61.4
SF-4B-1	244	1.086	0.699	136.3	14	35.7	36.5	243.7	50.1
SF-4B-2	239	1.084	0.536	131.2	7.4	36.2	34.1	231.8	54.9
SF-4B-3	236	1.085	0.546	141.4	0.1	51.4	33.4	231.5	56.6
SF-4C-1	386.0	1.083	0.744	18.2	5.1	111	28.1	278.7	61.4
SF-4C-2	398.5	1.088	0.8	350.1	14.5	84.7	17.4	222.4	67
SF-5A-1	43.4	1.029	0.022	92.5	14.6	185.8	12.5	314.7	70.6
SF-5A-2	57.2	1.076	0.468	98.6	45.9	267	43.5	2.6	5.8
SF-5A-3	44.8	1.033	-0.147	321.6	28.5	79.6	40.9	208.5	35.9
SF-5B-1	135	1.078	0.134	232.2	45.7	112.3	26	3.9	33
SF-5B-2	146	1.02	0.187	38.8	83.4	224.9	6.6	134.8	0.7
SF-5B-3	202	1.057	0.246	106.3	71.1	257.5	16.7	350.1	8.6
SF-5C-1	41.1	1.04	0.641	132	17.2	23.1	46.5	236.3	38.5
SF-5C-2	45.1	1.037	0.206	125.9	34.6	5.3	36.4	244.5	34.8
SF-5C-3	55.6	1.033	0.32	135.9	26.4	12.2	48.1	242.4	29.9
SF-5D-1	42.2	1.039	0.219	119.4	27.1	1.6	42.3	230.9	35.6
SF-5D-2	46.2	1.041	0.261	128.3	15.4	17.2	52.6	228.6	33.2
SF-5D-3	46.7	1.04	0.21	114.8	22.9	5	38.7	227.6	42.5
SF-5E-1	177	1.054	-0.37	185.6	59.4	68.3	15.2	330.7	25.9
SF-5E-2	165	1.097	0.668	222.4	28.3	49.2	61.5	313.9	2.9
SF-5E-3	140	1.076	0.803	218	6.5	104.9	73.7	309.8	14.8
SF-5F-1	131	1.071	0.016	168.2	77.9	328.1	11.4	58.9	4.1
SF-5F-2	100	1.023	0.437	248	20.2	69.7	69.8	338.2	0.6
SF-5G-1	497	1.009	-0.293	111.8	2.7	14	70.7	202.8	19.1
SF-5G-2	487	1.014	-0.606	136	22.1	39.3	16	276.5	62.2
SF-5G-3	520	1.012	-0.297	120.1	12.1	12.2	55.1	217.8	32.1
SF-5G-4	547	1.013	-0.59	135.2	27.9	307.6	61.9	43.5	3.2
SF-6A-1	269	1.079	0.85	63.6	27.9	330.4	6	229.3	61.4
SF-6A-2	248	1.102	0.836	86.8	19.5	354.4	6.6	246.5	69.4
SF-6B-1	259	1.077	0.603	168.4	9.1	76.7	10.9	297.5	75.7
SF-6B-2	261	1.073	0.765	184.5	5.9	93.4	11.1	302	77.4
SF-6B-3	230	1.075	0.723	190.6	2.5	100	13.9	290.7	75.9
SF-6C-1	226	1.069	0.567	129.4	15.4	29.1	32.9	240.6	52.8
SF-6C-2	260	1.07	0.837	117.2	19.1	17.1	26.9	238.2	56
SF-6C-3	223	1.062	0.435	131.5	7.7	37.2	28.7	235.1	60
SF-6D-1	251.46	1.075	0.495	110.2	13.6	9.1	38.5	216	48.2
SF-6D-2	242.79	1.074	0.615	101.8	18.4	359.2	33.4	215.7	50.7

SF-6D-3	211.83	1.076	0.633	101.2	20.5	359.5	28.3	222	53.8
SF-7A-1	268	1.114	0.766	344.1	18.9	79.8	16.1	207.7	64.8
SF-7A-2	268	1.113	0.668	344.1	19.5	80.5	17.7	209.6	63.2
SF-7A-3	240	1.116	0.735	340.3	20	76.5	16.5	203.1	63.6
SF-7A-4	221	1.093	0.898	316	16.1	55.3	29	200.6	56
SF-7B-1	194	1.093	0.619	347.3	3.5	78.3	16.9	246.1	72.7
SF-7B-2	229	1.093	0.577	348.6	4.2	79.7	14.4	242.9	75
SF-7B-3	232	1.103	0.688	4.4	14.1	95.9	5.9	208	74.7
SF-7C-1	27.8	1.063	0.564	10.2	7.4	102.3	15.8	255.8	72.5
SF-7C-2	36.3	1.06	0.334	2.5	3.2	93.3	14.5	260.4	75.1
SF-7C-3	31.3	1.069	0.702	353.6	4.7	84.9	16	247.7	73.2
SF-7C-4	31.5	1.067	0.547	181.3	0.7	91.2	7.5	276.5	82.5
SF-7D-1	31.5	1.053	0.479	360	11.9	90.2	1.1	185.2	78
SF-7D-2	30.6	1.051	0.244	13.5	24.3	106.2	5.9	208.9	64.9
SF-7D-3	29.4	1.057	0.473	344.6	20.3	80.7	16	206.3	63.7
SF-7E-1	29.1	1.137	0.885	109.8	10	201.8	11.3	339.2	74.9
SF-7E-2	33	1.05	0.468	193.2	6.7	100.3	23.1	298.4	65.9
SF-8A-1	293	1.075	0.298	310.8	2.5	44.8	58.6	219.3	31.3
SF-8A-2	246	1.074	0.472	309.2	6.5	50.4	59.8	215.5	29.3
SF-8A-3	250	1.077	0.276	133.9	1.5	42	53.1	225	36.9
SF-8A-4	258	1.074	0.094	314.3	6.4	55.2	59.3	220.6	29.9
SF-8B-1	264	1.067	0.229	332.7	26.1	101.7	52.1	229.2	25.3
SF-8B-2	267	1.077	0.345	326.6	21.2	86.2	51.9	223.6	30
SF-8B-3	277	1.08	0.244	330.3	23.5	93.8	51.8	226.8	28.2
SF-9A-1	281	1.103	0.466	147.8	3	56	31.6	242.7	58.2
SF-9A-2	257	1.105	0.784	136.8	11	41.8	24.3	249.2	63.1
SF-9A-3	279	1.097	0.783	349.8	5.6	82.2	22.9	246.8	66.3
SF-9A-4	265	1.104	0.764	151.9	1.6	61.3	21.5	245.9	68.5
SF-9B-1	230	1.087	0.316	145.1	7.4	48.6	41.2	243.4	47.9
SF-9B-2	294	1.094	0.501	146.1	7.5	49.2	42.4	244.2	46.7
SF-9B-3	263	1.087	0.442	150.9	7	54.7	41.3	248.6	47.9
SF-10A-1	222	1.069	0.88	356.3	30.4	111.7	36.2	238	39
SF-10A-2	230	1.071	0.732	1.5	33.3	108.9	24.5	227.7	46.5
SF-10A-3	237	1.072	0.781	41.2	46.4	133.4	2.1	225.3	43.5
SF-10B-1	250	1.072	0.877	326	2.1	57.6	36.8	233.2	53.2
SF-10B-2	241	1.105	0.413	343.6	15.7	82.3	28.2	227.9	57
SF-10B-4	223	1.081	0.862	8.6	38.6	105.1	8.1	205	50.3
SF-10B-3	209	1.076	0.75	326.7	6.5	60.4	29.6	225.6	59.6
SF-10C-1	340	1.088	0.743	169.2	3	77.5	29	264.7	60.8
SF-10C-2	346	1.089	0.621	152.4	14.6	56.7	20.9	274.9	64.1
SF-10C-3	244	1.086	0.846	168.8	7	74.9	29.6	270.9	59.5
SF-10C-4	243	1.079	0.585	170.9	4.8	78.7	24.9	271	64.6
SF-10D-1	240	1.087	0.744	4.4	23.9	109.6	30.7	243.3	49.4
SF-10D-2	231	1.083	0.866	15.5	28.5	122.2	27.9	248.2	48.1
SF-10D-3	248	1.078	0.787	352.9	13.7	93.9	38	246.8	48.7
SF-11A-1	226	1.09	0.685	148.7	25.9	56.6	4.4	317.7	63.7
SF-11A-2	246	1.085	0.786	133	22.7	223.1	0.3	313.9	67.3
SF-11A-3	239	1.097	0.85	136.1	24	44.7	3.2	307.5	65.8
SF-11B-1	222	1.088	0.742	156.3	15.2	64.8	5.8	314.4	73.7
SF-11B-2	228	1.094	0.699	132.5	10.1	42.4	0.9	307.4	79.9
SF-11B-3	276	1.082	0.885	135.9	12.9	45	4	298.3	76.4
SF-11C-1	212	1.096	0.76	109.8	17.3	16.5	10.5	256.7	69.7
SF-11C-2	253	1.096	0.855	109.3	19.6	15.2	11.5	256.6	67
SF-11C-3	213	1.081	0.763	105.9	20.1	12.4	9.4	258.6	67.6
SF-12A-1	26.5	1.011	0.2	291.5	45.1	120.3	44.6	25.9	4.4
SF-12A-2	25	1.021	-0.418	13.8	69.5	167.1	18.4	260	8.5
SF-12A-3	26	1.014	0.354	169.8	3.6	284.2	81.4	79.4	7.8
SF-12A-4	31	1.15	-0.386	358.6	80.4	147.6	8.2	238.3	4.9
SF-12B-1	27.7	1.045	0.718	296.1	57	76.4	26.5	175.8	18.1
SF-12B-2	28.3	1.049	0.121	299.2	70.4	77	14.8	170.4	12.6
SF-13A-1	410	1.032	0.668	93.1	7	183.7	4.9	308.5	81.5

SF-13A-2	463	1.03	0.642	83.5	12.4	175.6	9.5	302.1	74.3
SF-13A-3	536	1.026	0.686	71.9	14.2	165.5	13.9	298	69.9
SF-13A-4	515	1.026	0.451	54.8	15	151.8	24.4	296	60.9
SF-13B-1	313	1.111	0.76	59.2	20	151.8	7.2	260.5	68.7
SF-13B-3	298	1.1	0.859	35.5	14.5	130	16.8	266.7	67.5
SF-13B-4	262	1.099	0.749	55.3	19.5	148.3	8.2	260	68.7
SF-13B-2	244	1.094	0.598	89.4	22.1	358.4	2.6	262.1	67.7
SF-14A-1	35.7	1.03	0.444	168.7	0.2	78.7	6.1	260.4	83.9
SF-14A-2	32.7	1.032	0.526	12.1	1.3	102.4	12.9	276.5	77
SF-14A-3	33.4	1.036	0.605	195.5	12.9	286.5	4.1	33.8	76.4
SF-14A-4	32.6	1.045	0.284	35	3.3	126.3	22.5	297	67.2
SF-14B-1	36.1	1.016	-0.367	268	67	102.9	22.3	10.7	5.3
SF-14B-2	42	1.012	-0.19	278.5	67.3	120.9	21.2	27.8	7.9
SF-14B-3	41.5	1.013	0.07	266.5	57.7	0.6	2.5	92.2	32.2
SF-15A-1	288	0.797	0.792	74.3	9.4	344.1	1.4	245.6	80.5
SF-15A-2	264	0.815	0.81	85.8	9.1	355	4.7	238	79.7
SF-15A-3	263	0.723	0.716	81.7	7.7	350.9	6.2	222.5	80.1
SF-15A-4	235	1.067	0.725	86.9	5.6	356.6	3.2	236.7	83.6
SF-15B-1	260	0.742	0.735	351.2	5.1	81.8	6.9	225.1	81.4
SF-15B-2	279	0.792	0.785	347.5	2.5	77.8	6.1	234.8	83.4
SF-15B-3	230	0.741	0.734	341.2	3.5	71.4	4.1	210.5	84.6
SF-16A-1	24.8	1.02	-0.259	18.7	35.8	230.8	49.6	120.8	16.2
SF-16A-2	33.9	1.014	-0.081	1.9	59.3	259.5	7.3	165.3	29.7
SF-16A-3	26.1	1.016	-0.083	169.7	17.5	263.5	11.8	25.9	68.7
SF-16B-1	19.6	1.02	-0.292	160.9	53.7	334.8	36.2	66.9	2.9
SF-16B-2	20.4	1.021	0.061	348.1	32.8	90.5	18.5	205.1	51.1
SF-16C-1	251.50	1.06	0.578	162.5	29.5	56	26.7	291.8	48.2
SF-16C-2	242.43	1.054	0.576	184.6	17.1	79.3	40.8	292	44.3
SF-16C-3	272.45	1.057	0.617	166.4	27	59.7	29.5	290.8	48
SF-16C-4	269.85	1.058	0.666	175.9	9.6	79.3	34.1	279.4	54.2
SF-16E-1	12.6	1.039	-0.426	304.1	41.3	66.2	31.2	179.3	33
SF-16E-2	20.3	1.006	0.460	354.6	43.3	254.7	10.3	154.3	44.9
SF-16E-3	22.6	1.002	0.412	308.9	6.2	218.7	1.9	112	83.6
SF-17A-1	183.19	1.066	0.472	102.2	23.6	10.9	3	274.1	66.2
SF-17A-2	209.51	1.066	0.977	114.9	17.5	24.2	2.4	286.5	72.3
SF-17A-3	241.16	1.072	0.69	110	21.2	19.2	2.1	283.7	68.7
SF-17A-4	224.70	1.064	0.585	124.6	13.8	32.6	8.1	273.1	73.9
SF-17B-1	183.60	1.067	0.78	108.7	19.8	15.4	9.1	262.1	68.1
SF-17B-2	228.06	1.072	0.733	139.3	15.6	46.8	9	287.9	71.9
SF-17B-3	245.53	1.064	0.746	120.4	10.1	29.9	2.9	284.1	79.5
SF-17B-4	236.67	1.057	0.865	109.3	14.9	199.9	2.5	299.1	74.8
SF-18A-1	375	1.007	0	267.5	59.8	158.4	10.8	62.6	27.8
SF-18A-2	381	1.008	-0.35	234.3	58	143.3	0.6	53	32
SF-18A-3	395	1.01	0.121	175.3	64.1	299.5	15.2	35.3	20.4
SF-18B-1	427	1.004	0.635	113.1	2.3	205.9	49.9	21.2	40.1
SF-18B-2	436	1.01	0.283	154.3	45	275.8	27.6	25.1	32.3
SF-18B-3	411	1.009	0.922	243.3	54.1	137.3	11.3	39.6	33.5
SF-18B-4	401	1.006	0.52	295.2	16.7	167.9	63.7	31.4	19.7
SF-18C-1	359	1.011	-0.3	221.5	26.2	312.3	1.7	45.7	63.8
SF-18C-2	365	1.008	0.443	212.9	9.7	306	17.8	95.6	69.6
SF-18C-3	381	1.007	0.228	276.4	32.1	163.7	31.6	40.5	41.7
SF-18D-1	401	1.007	-0.39	154.9	14.8	249.3	16.4	24.9	67.6
SF-19A-1	202	0.363	0.35	324	11	229.7	20.8	80.1	66.2
SF-19A-2	301	0.524	0.512	331.6	6.1	238.4	27.2	73.2	62
SF-19A-3	264	0.752	0.746	339.1	6.5	246.5	21.1	85.3	67.8
SF-19B-1	247	0.528	0.517	328.4	0.4	58.5	20.4	237.4	69.6
SF-19B-2	215	0.689	0.682	127.6	1.8	36.9	21.8	221.9	68.1
SF-19B-3	232	0.473	0.461	313.8	0.4	43.9	16.7	222.3	73.3
SF-19B-4	285	0.461	0.449	314.4	2.5	45.3	20.4	217.7	69.4
SF-19D-2	207	0.446	0.437	122.7	26	13.7	33.8	241.8	44.9
SF-19D-3	210	0.342	0.332	128.4	21.8	25.2	29.6	249	51.8



SF-19D-4	163	0.024	0.015	129	22	30.4	20.4	261.8	59.2
SF-20A-1	250	1.073	0.633	61.5	0.7	331.3	17.7	153.7	72.3
SF-20A-2	254	1.062	0.652	80	0.4	349.9	17.3	171.3	72.7
SF-20A-3	181	1.062	0.617	251.9	6.5	343.4	13.4	136.5	75.1
SF-20B-1	273	1.052	0.45	100.1	1.1	9.7	18.6	193.3	71.4
SF-20B-2	228	1.049	0.388	83.8	4.3	352	22.3	184	67.3
SF-20B-3	216	1.065	0.542	285.8	0.6	15.9	17.9	193.9	72.1
SF-20C-1	479	1.05	0.486	322.9	2.6	53.5	13.4	221.9	76.4
SF-20C-2	208	1.051	0.445	325.8	5.8	56.5	7	196.4	80.9
SF-20C-3	243	1.054	0.79	320	0.3	50.1	16.6	229.2	73.4
SF-20E-1	198	1.045	0.293	345.3	13.3	253.2	9	130.1	73.8
SF-20E-2	193	1.047	-0.001	356.3	20.7	87.1	2.2	182.8	69.1
SF-21A-1	216	1.047	0.315	4.3	13	95.4	4.6	204.3	76.2
SF-21A-2	188	1.044	0.071	6.4	6.7	97.3	7.3	234.3	80
SF-21A-3	239	1.042	0.171	20	15.3	112.5	8.9	231.5	72.2
SF-21A-4	232	1.051	0.368	18.1	10.8	109.9	9.3	240	75.7
SF-21A-5	228	1.048	0.197	21.1	9.8	111.2	0.7	205.6	80.2
SF-21B-1	235	1.052	-0.038	19.1	15.8	110.6	5.6	219.6	73.2
SF-21B-2	165	1.046	0.271	23.3	27	115.1	3.6	212.1	62.7
SF-21B-3	229	1.043	0.003	21.1	19.4	288.6	6.9	179.9	69.3
SF-21B-4	237	1.045	0.328	20.9	21.6	289.6	3.2	191.6	68.2
SF-21B-5	240	1.036	0.295	26.6	21.3	119.6	7.8	228.7	67.2
SF-21C-1	231	1.038	-0.609	21.2	21.8	112.1	2.4	208.1	68
SF-21C-2	220	1.035	-0.091	22.4	23.5	114.4	4.6	214.8	66
SF-21C-3	204	1.037	-0.269	24.9	23.2	127.7	27.4	260.6	52.7
SF-21D-1	178	1.044	0.323	17.4	20.3	111	9.4	224.6	67.5
SF-21D-2	248	1.039	0.045	36	23	305.8	0.4	214.7	67
SF-21D-3	175	1.041	0.468	19.3	16.1	112.7	11.6	237	69.9
SF-22A-1	200	1.064	-0.053	28.9	16.5	298.4	1.4	203.8	73.4
SF-22A-2	184	1.065	0.114	27.8	19.6	294.7	8.7	182	68.4
SF-22A-3	203	1.066	0.092	21.4	20	289.6	4.9	186.3	69.4
SF-22A-4	240	1.071	0.093	25.6	19.4	293.3	6.3	186	69.5
SF-22B-1	216	1.07	0.121	15.2	19.6	105.5	0.9	198.1	70.4
SF-22B-2	192	1.056	-0.028	18.6	23.5	287	3.5	189	66.2
SF-22B-3	238	1.066	0.234	24.2	24	290.1	9.2	180.6	64.1
SF-23A-1	204	1.076	0.236	26.2	17.9	293	10	175.1	69.3
SF-23A-2	176	1.074	-0.12	27.3	15.3	293	15.5	159.9	67.9
SF-23A-3	233	1.07	0.032	30.4	13.2	297.3	12.8	164.8	71.5
SF-23A-4	208	1.074	-0.006	27.4	20.4	292.7	12.5	173.2	65.7
SF-23B-1	151	1.061	-0.004	12.8	17.2	280.4	7.7	167.3	71
SF-23B-2	284	1.051	-0.059	20.9	16.3	289	6.7	177.5	72.3
SF-23B-3	178	1.072	0.072	9.8	16.4	278.5	4.4	173.7	73
SF-24A-1	246	1.049	0.489	322.8	4.9	54.2	16	216.3	73.2
SF-24A-2	289	1.056	0.834	357.5	12.6	89.5	8.6	213.2	74.7
SF-24A-3	208	1.046	0.828	110.3	6.7	18.4	15.8	222.6	72.7
SF-24C-1	226	1.045	0.793	354.1	24.8	85.2	2.5	180.6	65.1
SF-24C-2	179	1.052	0.731	340.7	15.9	76.3	18.9	213.3	64.9
SF-24D-1	316	1.026	0.306	28	12.7	118	0	208.2	77.3
SF-24D-2	301	1.025	0.101	25.3	10.7	115.5	0.9	210.2	79.3
SF-24D-3	312	1.027	0.237	22.9	8.1	113.2	2.1	217.8	81.7
SF-24E-1	295	1.026	0.374	356.9	7.8	88.1	9	226.7	78
SF-24E-2	300	1.027	0.316	2.8	6.3	93.7	8.5	236.4	79.4
SF-24E-3	325	1.022	0.014	7.2	9.2	98.8	9.6	234	76.7
SF-25A-1	219	1.052	0.494	155.6	2.1	63.9	37.6	248.3	52.4
SF-25A-2	200	1.072	0.611	337.8	1.5	68.6	28.4	245	61.5
SF-25A-3	215	1.055	0.397	346.3	1.6	77.3	31.9	253.8	58.1
SF-25B-1	229	1.055	0.539	340.6	5	72.8	23.5	239.3	66
SF-25B-2	228	1.051	0.292	346.2	9.9	79.6	19.1	230.1	68.3
SF-25B-3	199	1.055	0.428	351	9.7	85.6	25.4	241.8	62.6
SF-26A-1	420	1.014	-0.332	26.9	26.7	193	62.6	294	5.7
SF-26A-3	428	1.012	-0.54	42.8	31.6	255.2	53.9	142.7	15.6

SF-26A-2	436	1.012	-0.308	27.7	33.1	230.7	54.7	124.9	10.9
SF-26A-4	426	1.014	-0.479	38.6	39.6	178.5	42.8	289.7	21.4
SF-26B-1	533	1.016	0.277	57.6	23.4	161.4	29	295	51.2
SF-26B-2	607	1.057	0.86	197.6	14	91.7	47.7	299.3	38.9
SF-26B-3	458	1.013	0.264	235.9	21.6	124.9	42.1	345.4	40.1
SF-26B-4	577	1.043	0.456	211.2	11.5	92.7	66.8	305.4	19.8
SF-26C-1	413	1.016	0.503	44.2	22.4	312.5	4.3	212.2	67.2
SF-26C-2	453	1.065	-0.251	51.5	15.6	289.3	62.4	148	22.2
SF-26C-3	468	1.032	0.39	97.8	22.7	199.3	25.4	331.5	54.8
SF-26C-4	438	1.095	0.556	268.2	6.9	2	28.7	165.9	60.3
SF-27A-1	183	1.053	0.685	42	26.3	146.2	26.4	274.2	51.1
SF-27A-2	182	1.056	0.745	47.6	21.8	147.2	22.6	278.3	57.7
SF-27A-3	187	1.044	0.26	42.9	24	141	17.7	263.9	59.5
SF-27B-1	229	1.041	0.095	46.1	12.3	143	28.9	295.5	58.2
SF-27B-2	238	1.035	0.066	55.7	16	155.1	29.6	301.1	55.6
SF-27B-3	191	1.034	0.543	66.7	25.2	168.8	23.9	296.3	54
SF-28A-2	220	1.087	0.241	6.2	27.1	146.1	56.2	266.3	18.6
SF-28A-1	280	1.096	0.261	5.9	23.5	139.5	57.8	266.4	20.7
SF-28A-3	200	1.083	0.407	357.9	33.4	144.6	51.7	256.6	16.5
SF-28A-4	218	1.086	0.45	354.4	28.5	147.2	58.6	257.7	12.1
SF-28B-1	221	1.078	0.206	133	26.4	244.2	36.1	16	42.4
SF-28B-2	201	1.074	0.221	131.6	28.4	243.7	34.8	12.4	42
SF-28B-3	189	1.075	0.28	127.9	30.8	240.1	32.4	5.3	42.2
SF-28C-1	229	1.076	0.284	30.3	21.2	152.1	53.5	288.3	28.1
SF-28C-2	224	1.075	0.053	26.6	23.7	151.4	52.5	283.5	27.3
SF-28C-3	202	1.064	0.285	17.1	21.6	141.6	55.1	275.9	26
SF-29A-1	201	1.05	0.288	0.7	11.9	96.8	26.5	248.9	60.6
SF-29A-2	201	1.054	0.279	355.7	10.9	92.8	32.6	249.6	55.2
SF-29A-3	201	1.054	0.161	356.3	10.7	92.7	30.6	249.3	57.2
SF-29B-1	193	1.077	0.551	27.7	9.9	118.9	7.2	244.5	77.7
SF-29B-2	206	1.066	0.609	358.3	8.7	90.9	16.2	241.1	71.5
SF-29B-3	205	1.063	0.422	36.4	20.1	127.5	3.1	226	69.6
SF-29B-4	192	1.073	0.595	0.2	5.2	92.6	24.6	259	64.8
SF-30B-1	205	1.048	0.009	15.2	14.7	285	0.7	192.5	75.3
SF-30B-2	198	1.045	0.106	10.9	10.3	280.8	0.1	190.3	79.7
SF-30B-3	202	1.046	0.272	6.4	8.4	96.8	3.3	207.9	81
SF-30C-1	178	1.043	0.619	10.7	23.6	103.9	7.1	209.6	65.2
SF-30C-2	183	1.056	0.326	9.8	21.9	102.5	6.6	208.3	67
SF-30C-3	212	1.044	0.265	4.3	23.1	96.8	5.7	199.8	66.2
SF-30C-4	180	1.058	0.358	13.4	21.4	111.5	19.8	240.4	60.1
SF-31A-1	223	1.045	0.485	341.9	8.8	72.1	1.3	170.4	81.2
SF-31A-3	245	1.048	0.691	317.8	10.3	48.2	2.2	150.3	79.4
SF-31A-2	245	1.048	0.492	329.7	11.9	60.3	3.2	165.2	77.6
SF-31B-1	230	1.045	0.587	313.5	17.9	43.7	0.6	135.6	72.1
SF-31B-2	222	1.05	0.648	324.6	15.8	56.3	6.2	167	73
SF-31B-3	229	1.04	0.817	280.5	1.7	10.9	13	183.3	76.9
SF-32A-1	214	1.052	0.789	250.9	18.4	341.5	1.9	77.3	71.4
SF-32A-2	236	1.046	0.795	24.5	26.3	291.4	6.3	188.9	62.8
SF-32A-3	261	1.045	0.607	4.9	16.1	95.7	2.7	194.9	73.6
SF-32A-4	220	1.046	0.458	353.6	21.1	263.1	1.2	170	68.9
SF-32B-1	205	1.054	0.594	352.2	15.1	82.8	2	180.1	74.8
SF-32B-2	217	1.055	0.789	328.9	14.8	61.2	9	181.6	72.6
SF-32B-3	204	1.05	0.655	349.2	20.4	258.3	2.4	161.8	69.5
SF-32B-4	184	1.057	0.571	14.1	19.5	283.3	2.2	187	70.3
SF-33A-1	285	1.063	0.437	335.4	17.8	72.4	20.7	208.1	62.1
SF-33A-2	252	1.062	0.733	354.7	12.9	89	18	230.9	67.6
SF-33A-3	301	1.071	0.47	341.1	15.3	77.9	23.6	220.9	61.3
SF-33B-1	226	1.079	0.707	341.6	15.4	80.7	29.9	227.8	55.7
SF-33B-2	247	1.077	0.772	134.1	2.5	42.2	37.2	227.4	52.7
SF-33B-3	224	1.082	0.788	335.9	13	74	31.2	226.2	55.6
SF-33B-4	230	1.066	0.847	343	11.2	78.7	26.6	232.3	60.8

SF-33C-1	335	1.077	0.68	0	24.7	101.9	24	230.2	54.3
SF-33C-2	349	1.075	0.622	352.4	24	94.3	24.7	224.1	54.3
SF-34A-1	221	1.037	0.237	350.2	49.4	113.7	25.3	219.1	29.4
SF-34A-2	201	1.03	0.579	335.9	47.1	111.7	33.7	218.3	23.3
SF-34A-3	242	1.028	0.443	316.8	27	94.2	55.3	216.1	20.1
SF-34B-1	178	1.035	0.106	10.2	62.7	134.7	16.3	231.3	21.3
SF-34B-2	191	1.043	-0.184	35.3	62.6	141	8	234.9	26
SF-34B-3	213	1.038	-0.175	20.1	61.9	282.7	3.9	190.7	27.8
SF-34C-1	234	1.041	-0.054	23.7	35.1	121.9	11.4	227.1	52.5
SF-34C-2	268	1.047	0.342	61.2	36.4	329	3	235	53.4
SF-34C-3	254	1.065	0.471	68.2	33.5	159.5	1.8	252.2	56.5
SF-35A-1	242	1.051	0.626	322.8	31.1	82.7	39.6	208	34.9
SF-35A-2	230	1.042	0.582	316	21.3	73	49.4	211.5	32.7
SF-35A-3	231	1.039	0.551	306.4	9.8	52.9	58.7	210.8	29.4
SF-35A-4	232	1.039	0.803	314.7	24.3	69.4	42.8	204.5	37.4
SF-35B-1	238	1.042	0.27	305.3	13.1	47.7	42.6	202	44.4
SF-35B-2	250	1.042	0.203	308.1	14.2	50	39.3	202.2	47.2
SF-35B-3	230	1.035	0.337	292.8	11.1	34.7	46.3	192.8	41.5
SF-35B-4	253	1.045	0.466	300.1	14.7	44.6	43.6	196.1	42.7
SF-36A-1	427	1.036	0.24	7.6	35.3	100.5	4.1	196.3	54.4
SF-36A-2	417	1.035	0.367	8.2	37.4	106.4	10.6	209.6	50.7
SF-36A-3	412	1.038	0.366	17.2	37.5	111.1	5.1	207.6	52.1
SF-36A-4	370	1.037	0.182	15.7	37.4	112.2	8.5	213	51.4
SF-36B-1	363	1.04	0.643	344.2	38.1	85.9	14.5	192.7	48.3
SF-36B-2	353	1.038	0.463	0.7	41.5	99.3	9.6	199.7	46.9
SF-36B-3	350	1.052	0.461	10	42.1	105.9	6.6	203.1	47.1
SF-36D-1	309	1.06	0.779	77	47.4	334.9	10.9	235.5	40.5
SF-36D-2	308	1.067	0.811	86.3	46.5	339.8	15.1	236.9	39.6
SF-36D-3	266	1.074	0.739	83.3	47.7	337.4	13.9	235.9	38.9
SF-36D-4	279	1.064	0.826	43.2	50.9	144.7	9.2	241.9	37.6
SF-36E-1	257	1.083	0.729	344.6	33.3	89.5	21.5	206.2	48.7
SF-36E-2	269	1.079	0.415	346.9	42.1	89.3	13.4	193	44.9
SF-36E-3	295	1.082	0.567	333.4	33	81.1	25.1	200.4	46.3
SF-36F-1	370	1.088	0.587	346	41.9	93.1	18.1	200.6	42.5
SF-36F-2	377	1.095	0.493	352.8	41.6	95.4	13.9	199.8	45.1
SF-36F-3	382	1.091	0.512	343.8	36.7	93.1	23.9	208.3	43.8
SF-36F-4	244	1.065	0.095	328.4	29.8	78.6	31.1	204.6	44.2
SF-37A-1	444.06	1.037	0.445	202.1	2	112	4.3	317.4	85.2
SF-37A-2	445.04	1.038	0.477	204.6	1.2	114.5	3	316	86.7
SF-37A-3	436.51	1.039	0.577	202.0	2.1	111.9	3.2	325.3	86.1
SF-37B-1	226	1.038	0.784	248.3	7.5	155.1	22.9	355.2	65.8
SF-37B-2	239	1.041	0.783	347.7	1.6	78.3	20.3	253.3	69.6
SF-37B-3	236	1.047	0.547	155.8	8.2	64.1	11.8	279.7	75.6
SF-37C-1	210	1.033	0.553	12.8	8.6	105	14.3	252.7	73.2
SF-37C-2	219	1.042	0.649	10.2	12.9	103.2	13.1	237	71.5
SF-37C-3	230	1.055	0.572	17.7	9.8	109.8	12.2	249.9	74.3
SF-37D-1	271	1.049	0.823	1.8	2.8	92.9	21.1	264.6	68.7
SF-37D-2	239	1.052	0.813	4.9	6.9	97.4	20.4	257	68.4
SH-37D-3	185	1.035	0.484	19.0	6.3	111.3	20	272.4	69
SF-37E-1	209	1.035	0.558	144.6	4.3	53.4	14.9	250.3	74.5
SF-37E-2	266	1.051	0.641	0.5	9.3	92.3	10.8	230.5	75.6
SF-37E-3	194	1.035	0.678	124.0	8.8	31.7	14.9	243.6	72.6
SF-37E-4	229	1.032	0.562	355.4	10.9	89	18	235.7	68.7
SF-38A-1	234	1.037	0.269	92.9	47.6	1.9	0.9	271	42.4
SF-38A-2	224	1.035	-0.043	90.1	46.2	354.8	5.1	259.9	43.4
SF-38A-3	279	1.034	-0.047	85.9	43.9	181.4	5.7	277.3	45.6
SF-38B-1	225	1.051	0.547	82.9	46.8	178.3	5.1	273	42.8
SF-38B-2	235	1.035	0.483	80.3	48.3	179.7	8.3	276.8	40.5
SF-38B-3	253	1.043	0.664	87.4	45.7	180.9	3.3	274.1	44.1
SF-38C-1	195	1.037	0.207	78.9	23.1	172.2	7.8	279.6	65.5
SF-38C-2	217	1.045	0.530	102.2	26.1	194.3	4.2	292.8	63.5

SF-38C-3	206	1.037	0.158	87.2	32.5	183.8	10.2	289	55.6
SF-38C-4	241	1.047	0.901	88.9	36.3	181.8	3.9	277	53.4
SF-39A-1	254	1.042	0.115	66.5	35.9	162.9	8.8	264.6	52.7
SF-39A-2	257	1.038	0.155	58.4	37.8	153.8	6.9	252.5	51.4
SF-39A-3	218	1.038	0.154	56.5	34.3	158.8	17.4	271	50.4
SF-39A-4	133	1.041	-0.242	53.9	35	153.1	12.9	260.2	52.1
SF-39B-1	230	1.046	0.309	65.7	35.1	163.5	11	268.3	52.8
SF-39B-2	174	1.047	0.557	78.5	38.4	347.9	0.8	256.9	51.6
SF-39B-3	266	1.051	0.418	89.3	48.6	353.1	5.4	258.3	40.9
SF-39C-1	224	1.038	0.003	88.7	44.1	358.4	0.3	268.1	45.9
SF-39C-2	238	1.055	0.435	65.4	39.9	161.7	7.6	260.5	49.1
SF-39C-3	268	1.055	0.417	86.4	36.9	350.1	8.4	249.3	51.9
SF-40A-1	223	1.053	0.069	144.5	41	46.6	9	306.6	47.6
SF-40A-2	258	1.027	-0.658	1.0	17.8	209.2	69.9	93.9	8.9
SF-40A-3	247	1.026	-0.300	6.4	21.9	186.1	68.1	276.3	0.1
SF-40A-4	256	1.065	0.871	56.0	11.8	160.3	49.8	316.7	37.7
SF-40B-1	234	1.053	0.249	18.2	40.1	131.3	25	244	39.6
SF-40B-2	252	1.04	0.398	45.2	29.6	151.9	26.8	276	48
SF-40B-3	220	1.04	0.683	34.4	28.1	137.4	22.9	260.6	52.3
SF-40B-4	230	1.055	-0.013	157.3	16.1	54	38.5	265.3	47
SF-40C-1	217	1.047	0.503	78.8	37.2	179.7	14.1	286.7	49.3
SF-40C-2	227	1.051	0.829	103.2	42.6	6.5	7.3	268.7	46.5
SF-40C-3	250	1.038	0.736	73.0	37.2	175.8	16.3	284.8	48.2
SF-41A-1	279	1.038	0.069	13.3	26.7	113.1	18.6	233.8	56.6
SF-41A-2	253	1.043	0.932	244.7	2.4	154	16.8	342.5	73
SF-41A-3	250	1.039	0.472	164.8	10.8	74	3.9	324.5	78.5
SF-41A-4	196	1.06	-0.388	156.0	19.5	249.2	8.9	2.4	68.4
SF-41B-1	271	1.041	0.727	132.4	11.1	36.2	28.8	241.2	58.7
SF-41B-2	266	1.043	0.376	134.0	20.9	40.7	8.6	289.4	67.2
SF-41B-3	241	1.021	-0.382	348.5	13.9	85.9	27.4	234.5	58.7
SF-41B-4	228	1.025	-0.528	340.6	10.7	72.4	9.2	202.3	75.8
SF-41C-1	283	1.058	0.366	123.7	29.4	29.1	8.2	285.1	59.3
SF-41C-2	242	1.043	0.631	6.0	20.7	102.3	16.3	227.5	63.2
SF-41C-3	253	1.046	0.678	3.4	19.3	98.1	13.1	220.3	66.4
SF-41C-4	271	1.045	0.406	10.8	22	107.5	16.1	230.7	62.3
SF-42A-1	251	1.051	0.567	149.5	62.4	37.3	11.1	302.1	24.9
SF-42A-2	267	1.039	0.451	1.3	24.8	119.7	45.9	253.3	33.7
SF-42B-1	159	1.034	0.723	167.6	16.5	59.4	46.6	271.3	38.7
SF-42B-2	140	1.031	0.485	25.0	8.5	124.3	47.1	287.3	41.7
SF-42B-3	146	1.027	0.733	148.8	28.2	38.4	32.9	269.9	43.9
SF-42C-1	221	1.032	0.321	92.5	37.5	2.4	0.1	272.2	52.5
SF-42C-2	263	1.029	0.511	63.4	39.3	154.5	1.3	246.1	50.6
SF-42C-3	233	1.038	0.185	41.0	37	142.9	15.2	251.1	48.9
SF-42C-4	259	1.036	0.014	60.3	40.8	151.3	1.2	242.8	49.2
SF-42D-1	214	1.024	0.317	95.8	38.2	348.9	20.4	237.2	44.8
SF-42D-2	228	1.035	0.487	47.1	36.7	147.1	13	253.3	50.3
SF-42D-3	248	1.037	0.232	45.0	42.4	147.5	13.3	251	44.5
SF-42D-4	244	1.036	0.617	21.1	34.5	124.7	18.9	238.2	49.3
SF-43B-1	233	1.06	0.794	308.1	7.5	45.4	43.6	210.5	45.4
SF-43B-2	229	1.061	0.789	322.0	16.2	64.2	36.1	212.2	49.4
SF-43C-1	235	1.053	0.814	321.5	10.7	62.3	44.6	221.2	43.4
SF-43C-2	205	1.055	0.728	104.4	10.7	5.3	40.1	206.5	47.9
SF-43C-3	208	1.058	0.624	108.0	16.3	5.4	36.7	217.5	48.7
SF-43C-4	195	1.056	0.625	316.9	20.4	57.3	25.9	193.4	56
SF-44A-1	200	1.028	-0.512	1.7	44.7	136.5	35.4	245.1	24.3
SF-44A-2	250	1.031	0.050	29.8	47.4	140.2	17.7	244.2	37.2
SF-44A-3	281	1.023	-0.583	16.4	36.8	149.2	42.3	265.2	25.8
SF-44B-1	192	1.029	-0.104	38.9	47.7	164.9	28.2	272	28.7
SF-44B-2	240	1.062	0.381	120.6	13.5	23.1	28.6	233	57.8
SF-44B-3	180	1.035	0.730	27.5	59.5	159.6	21.5	258	20.5
SF-44B-4	193	1.039	0.088	48.0	50.6	187	31.8	290.6	20.7

SF-44C-1	218	1.027	-0.560	21.6	42.9	145.4	30.9	256.9	31.5
SF-44C-2	185	1.027	-0.316	15.8	43.5	156.2	39.1	264.4	21.1
SF-44C-3	245	1.042	0.291	353.4	27.2	118.8	48.5	247.1	28.7
SF-44D-1	282	1.031	0.729	315.4	46.6	199.5	22.4	92.8	34.8
SF-44D-2	319	1.03	0.399	342.9	28.7	225.4	40.1	96.8	36.5
SF-44D-3	316	1.038	0.747	355.6	25.3	242	40.2	108.3	39.3
SF-45A-1	192	1.022	0.202	6.7	12.8	101.8	21.4	248	64.7
SF-45A-2	195	1.035	0.575	97.7	36.2	187.9	0.2	278.1	53.8
SF-45A-3	257	1.047	0.365	353.4	8	90.1	39.9	254	49
SF-45A-4	268	1.025	0.703	66.3	27.1	161.8	10.5	271.1	60.6
SF-45B-1	242	1.028	0.635	58.4	53.2	323.9	3.3	231.5	36.6
SF-45B-2	178	1.021	0.697	61.5	40	168.2	18.9	277.5	43.9
SF-45B-3	212	1.014	-0.197	66.8	41.5	174.7	19.1	283.1	42.3
SF-45B-4	251	1.026	0.467	89.1	42.2	337.4	22.2	227.6	39.6
SF-45C-1	489	1.027	0.685	119.4	32.6	10.4	27	249.5	45.2
SF-45C-2	400	1.032	0.797	140.1	14.5	31	51.6	240.4	34.7
SF-45C-3	211	1.02	0.369	127.7	32.6	344.7	51.3	230.1	18.5
SF-45D-1	201	1.022	0.487	115.9	34.2	10.7	21.1	255.2	48.1
SF-45D-2	212	1.022	0.132	58.5	29.6	326.5	3.4	230.5	60.2
SF-45D-3	235	1.022	-0.187	41.4	49.6	164.7	25	269.9	29.4
SF-45D-4	203	1.023	0.241	79.9	43.7	178.9	9.3	278.3	44.8
SF-46A-1	196	1.031	0.734	17.7	56	125.1	11.4	222.2	31.6
SF-46A-2	181	1.022	0.361	347.9	42.5	113.4	32.3	225.3	30.5
SF-46A-3	233	1.022	0.321	81.1	47.6	325.4	21.6	219.7	34.4
SF-46B-1	213	1.021	0.551	84.5	38	343.1	14.2	236.4	48.5
SF-46B-2	194	1.03	0.313	21.9	45	148.2	30.6	257.7	29.4
SF-46B-3	190	1.039	0.223	106.8	40	338.6	36.5	224.5	28.9
SF-46B-4	262	1.026	0.149	79.0	43.1	341.4	8.1	242.9	45.8
SF-47A-1	204	1.028	0.781	2.7	25.4	117.4	41.3	250.9	38.1
SF-47A-2	202	1.028	0.191	15.3	30.1	139.7	44.3	265.1	30.7
SF-47A-3	194	1.033	-0.182	19.2	25.6	113.9	9.7	223.1	62.4
SF-47B-1	198	1.031	0.123	351.2	36.8	101.9	25.3	217.7	42.6
SF-47B-2	229	1.03	0.589	335.5	27.7	92.2	40.5	222.3	37
SF-47B-3	196	1.027	0.079	3.5	29.4	116.1	34.4	243.5	41.6
SF-48A-1	212	1.025	0.335	135.2	44.5	11.3	29.6	261.4	31
SF-48A-2	245	1.024	0.195	136.2	39.1	1.2	41	247.9	24.5
SF-48A-3	223	1.028	-0.096	119.2	36.2	1.1	32.8	242.4	36.8
SF-48B-1	213	1.024	0.027	114.1	54.7	351.2	21.1	249.9	26.9
SF-48B-2	257	1.031	0.294	158.2	12.6	46.6	58.9	255	28
SF-48B-3	203	1.025	-0.276	136.1	36.1	359.2	45	244.1	22.9
SF-48B-4	232	1.028	-0.369	135.4	33.8	16.3	36	254.5	36
SF-49A-1	246	1.038	0.625	18.5	46.6	123.2	13.5	224.9	40.2
SF-49A-2	229	1.042	0.811	347.6	25.5	100	38.6	233.4	40.7
SF-49A-3	280	1.05	0.781	46.1	52.8	315.6	0.4	225.3	37.2
SF-49B-1	252	1.049	0.860	81.6	46	322.8	24.9	214.9	33.5
SF-49B-2	246	1.035	0.649	71.4	49	321.8	16.3	219.4	36.3
SF-49B-3	264	1.034	0.700	71.6	40.2	324.8	18.8	215.7	43.8
SF-49B-4	225	1.04	0.522	88.8	38.2	326.9	33.8	210.4	33.7
SF-49C-1	226	1.029	0.278	359.2	24.1	114.4	43.6	249.7	36.8
SF-49C-2	212	1.035	0.647	22.9	38.6	132.4	22.7	245.2	42.8
SF-49C-3	178	1.048	-0.072	61.6	51	155.8	3.4	248.6	38.8
SF-49C-4	230	1.038	0.360	117.2	39.8	358.1	30.2	243.6	35.5
SF-50A-1	194	1.035	0.465	57.6	40.5	158.6	12.7	262.5	46.8
SF-50A-2	231	1.029	0.066	29.6	28.9	130.8	19.4	249.9	54.1
SF-50A-3	251	1.041	0.215	27.9	32.7	135.3	25	255	46.7
SF-50B-1	323.5	1.041	0.440	342.2	19.8	83.3	28.1	221.9	54.5
SF-50B-2	328.6	1.034	0.283	14.30	26	116.1	22.8	241.7	54.2
SF-50B-3	328.3	1.034	0.490	356.6	18	91	13.2	215.3	67.4
SF-50B-4	337.4	1.025	0.461	6.5	22.9	104	17.2	227.6	60.7
SF-50C-1	229	1.04	0.856	351.9	15.5	94.9	38.8	244.6	47
SF-50C-2	227	1.042	0.655	46.2	33.7	146.1	14.4	255.7	52.5

SF-50C-3	287	1.041	0.914	10.1	22.4	110.3	23.3	241.3	56.7
SF-51A-1	226	1.023	0.058	27.7	36.3	136.3	23.5	251.5	44.5
SF-51A-2	239	1.018	0.262	20.6	30.8	128.1	26.8	250.9	46.9
SF-51A-3	204	1.019	0.623	355.3	16.5	97.8	36.1	245.2	49.1
SF-51A-4	250	1.023	0.119	13.1	44.5	145.8	34.6	255.1	25.6
SF-51B-1	215	1.013	-0.292	12.3	30.2	156.4	54.3	271.9	17.2
SF-51B-2	216	1.014	-0.479	23.7	50.4	146.4	24.1	251	29.3
SF-51B-3	262	1.019	-0.176	0.2	55.7	134.9	25.6	235.6	21.2
SF-51C-1	243	1.029	0.485	354.4	27.4	107.2	36.8	237.7	40.9
SF-51C-2	270	1.022	0.559	353.3	24.2	101.9	35.3	236.8	44.8
SF-51C-3	195	1.023	0.050	334.5	4.2	70.1	52.7	241.3	37
SF-52A-1	300	1.025	0.030	87.6	39.4	341.1	19.1	231.2	44.4
SF-52A-2	281	1.027	0.430	82.2	43.5	338.4	14.1	234.7	43.1
SF-52A-3	250	1.021	0.271	70.9	28.3	335.7	9.6	228.7	59.8
SF-52A-4	270	1.03	0.226	86.8	33.5	339.4	24.3	220.9	46.5
SF-52B-1	362	1.029	0.688	50.1	35	147.4	10.3	251.3	53.1
SF-52B-2	196	1.029	0.435	34.5	27.4	130.8	11.8	241.8	59.7
SF-52B-3	254	1.025	0.372	18.9	9.4	111.5	15.5	259	71.8
SF-52B-4	253	1.028	0.550	45.9	24.7	139	6.6	243	64.3
SF-52C-1	213	1.029	0.031	17.2	38.2	129.3	25.5	243.8	41.1
SF-52C-2	273	1.02	0.120	357.8	26.4	107.7	34.5	239.2	44
SF-52C-3	261	1.022	0.170	22.1	34.7	125.7	18.7	238.8	49.2
SF-52C-4	241	1.022	0.127	20.3	29.1	118.5	14.4	231.7	56.9
SF-53A-1	126	1.045	0.215	156.9	29	50.7	26.8	285.8	48.6
SF-53A-2	158	1.045	0.295	146.6	29.8	43	22.4	282.2	51.2
SF-53B-1	138	1.042	-0.049	167.2	9	53.2	68.8	260.4	19
SF-53B-2	164	1.068	0.496	161.9	35.8	20.8	47.2	267.4	20.3
SF-53B-3	172	1.057	0.334	148.6	23.1	30	48.3	254.4	32.5
SF-53C-1	136	1.051	0.344	136.8	46.1	16.1	26.2	268	32.3
SF-53C-2	202	1.05	0.213	152.6	20.7	37.2	48.6	257.3	33.9
SF-53C-3	158	1.054	0.569	138.0	45.1	13.7	29.3	264.4	30.6
SF-54A-1	111	1.057	0.038	90.2	39.5	355.3	5.9	258.3	49.8
SF-54A-2	109	1.057	0.043	97.4	34.8	1.6	8.2	260.3	53.9
SF-54A-3	122	1.048	0.050	105.4	36.5	3.9	15	255.6	49.6
SF-54B-1	129	1.058	-0.040	121.9	44.8	10.8	20	264	38.5
SF-54B-2	126	1.058	-0.084	110.8	42.5	4.5	17.1	258.1	42.5
SF-54B-3	97	1.06	0.016	119.1	40	358.9	30.9	244.6	34.6
SF-54B-4	127	1.058	-0.014	110.7	40.8	0	22.2	249.3	40.9
SF-54C-1	158	1.061	0.184	114.8	45	6.1	17.8	260.6	39.6
SF-54C-2	167	1.074	0.314	106.6	44.4	1.6	14.7	258	41.9
SF-54C-3	174	1.068	0.147	119.1	42.2	10.4	19.5	262.2	41.4
SF-54D-1	138	1.057	0.021	97.9	51	348.8	14.9	248.1	35.1
SF-54D-2	166	1.07	-0.129	102.7	53.9	2.7	7.3	267.5	35.2
SF-54D-3	187	1.062	-0.241	103.1	53.4	355.8	12.4	257.3	33.7
SF-54E-1	154	1.062	0.016	95.7	53.6	359.5	4.5	266.3	36
SF-54E-2	141	1.051	-0.165	116.0	57.9	6.2	12	269.4	29.3
SF-54E-3	149	1.056	0.069	100.0	57	0	6.4	266	32.2
SF-55A-1	170	1.084	-0.498	123.4	55.2	218.9	3.8	311.6	34.5
SF-55A-2	163	1.085	-0.274	117.7	53.8	19.7	5.8	285.6	35.6
SF-55A-3	164	1.086	-0.306	110.4	56.6	12.1	5.4	278.6	32.8
SF-55B-1	117	1.072	-0.835	148.2	49.9	249.8	9.6	347.5	38.5
SF-55B-2	123	1.063	-0.794	152.0	50.8	37.4	18.8	294.6	32.9
SF-55B-3	167	1.072	-0.473	145.4	48.5	235.6	0.2	325.8	41.5
SF-56A-1	18.82	1.031	0.523	20.20	15.9	128.7	48.1	277.6	37.5
SF-56A-2	27.99	1.027	0.180	179.0	6.8	81.9	46.4	275.4	42.9
SF-56A-3	22.60	1.028	0.001	7.500	11	114.9	57	270.9	30.7
SF-56B-1	20.01	1.042	0.081	178.3	28.1	47.7	50.6	282.8	25.2
SH-56B-2	14.43	1.03	0.382	188.5	10.1	82.8	56.7	284.7	31.3
SH-56B-3	22.40	1.03	0.021	180.5	30.9	57.4	42.4	292.5	32.1
SF-56C-1	30.17	1.024	-0.432	29.90	8.7	124.3	26.9	283.5	61.6
SF-56C-2	32.20	1.028	-0.426	29.60	1.5	121.6	51.7	298.5	38.3

SF-56C-3	26.74	1.032	-0.180	212.8	0	122.8	39.4	302.8	50.6
SF-57A-1	340.2	1.015	0.300	49.1	54.8	165.9	17.6	266.2	29.4
SF-57A-2	332.8	1.017	0.075	54.2	50.2	158.6	11.7	257.7	37.4
SF-57A-3	319.7	1.017	0.019	55.7	52.4	162.7	12.7	261.7	34.7
SF-57A-4	290.5	1.019	0.255	50.7	56.2	155.5	9.7	251.7	32
SF-57B-1	346.8	1.032	0.409	45.2	37.8	140.4	6.7	238.9	51.4
SF-57B-2	347.0	1.034	0.347	44.4	36.5	137.3	4	232.7	53.2
SF-57B-3	379.5	1.031	0.646	346.5	31.1	98.8	32.1	223.4	42.1
SF-57B-4	405.4	1.031	0.552	357.5	20.1	94.3	17.9	222.6	62.5
SF-57C-1	323.0	1.019	0.443	68.2	40.6	180.8	24.1	292.7	39.8
SF-57C-2	341.7	1.021	0.287	71.2	43.5	183.1	21.4	291.4	38.8
SF-57C-3	312.6	1.018	0.179	72.8	38.9	178.6	18.5	288.3	45.2
SF-57D-1	351.3	1.01	-0.723	95.5	45.2	355.5	9.8	256.2	43.1
SF-57D-2	352.7	1.009	-0.312	94.6	48.3	358	5.9	262.8	41.1
SF-57D-3	370.0	1.01	-0.643	91.2	41.5	356.2	5.5	260.1	47.9
SF-57D-4	297.0	1.02	0.234	67.0	43.1	177.9	20.9	286.3	39.6
SF-58A-1	228	1.027	-0.516	341.4	52	244.3	5.5	150.1	37.5
SF-58A-2	224	1.032	-0.539	353.0	39.2	120.3	36.6	235.3	29.6
SF-58A-3	283	1.024	-0.413	355.0	52.7	198.6	34.9	100.4	11.5
SF-58A-4	261	1.026	-0.608	356.2	44.6	185	45	90.6	4.4
SF-58B-1	219	1.027	-0.231	36.4	43.2	153.1	25.5	263.4	36
SF-58B-2	199	1.019	-0.293	14.9	31.8	179.5	57.2	280.5	7
SF-58B-3	187	1.036	-0.657	38.6	32.6	148.3	27.8	269.6	44.6
SF-58B-4	181	1.03	-0.252	70.7	69.7	178.1	6.3	270.3	19.2
SF-58C-1	389.8	1.012	0.162	20.2	33.8	115.1	7.3	215.6	55.3
SF-58C-2	427.7	1.009	-0.208	32.1	37	122.2	0.2	212.4	53
SF-58C-3	423.9	1.01	0.012	26.7	38.8	117.5	1	208.7	51.2
SF-58D-1	410.8	1.008	-0.118	97.2	45.7	222	29.2	330.9	30
SF-58D-2	403.6	1.01	0.178	93.8	50.8	209	19.2	312	32.7
SF-58D-3	427.4	1.009	-0.086	83.5	38.9	200.6	29.5	315.9	37.1
SF-58D-4	393.7	1.006	0.204	67.3	54.9	204	27.1	305.1	20.5
SF-59A-1	206	1.034	0.350	67.9	41.4	171.5	15	276.9	44.7
SF-59A-2	300	1.039	0.460	76.1	36.7	182.3	20.5	295.2	46.1
SF-59A-3	246	1.028	-0.160	78.9	33.3	187	25.4	306.2	45.9
SF-59A-4	156	1.029	0.210	87.2	24.2	183.6	14	301.1	61.6
SF-59B-1	212	1.028	0.007	89.8	47.2	183.8	3.7	277.2	42.5
SF-59B-2	223	1.035	0.427	70.6	45.6	199.9	31.8	308.6	27.4
SF-59B-3	245	1.039	0.441	79.0	49.2	193.6	19.7	297.6	34
SF-59B-4	322	1.032	-0.093	94.9	41	196.5	13.1	300.5	46.1
SF-60A-1	326	1.014	0.323	118.1	7.6	10.3	66.4	211.2	22.2
SF-60A-2	281	1.016	0.402	63.9	55.3	305	18.5	204.6	28.2
SF-60A-3	311	1.019	0.385	103.5	30.9	342.1	41	216.8	33.5
SF-60A-4	267	1.017	0.344	90.2	42.8	324.1	32.5	212.5	30
SF-60A-5	292	1.017	0.778	77.2	47.7	318.1	23.8	211.8	32.5
SF-60B-1	279	1.014	0.313	316.8	10.8	69.4	63.6	221.9	23.8
SF-60B-2	265	1.022	-0.043	331.4	25.3	82.3	37	215.8	42.4
SF-60B-3	272	1.029	0.044	333.1	16.6	81.1	46.1	229.1	39.2
SF-60B-4	239	1.018	0.116	324.0	15.7	67.5	39.7	217	46
SF-60C-1	355.9	1.047	0.617	333.7	24.1	85.9	40.1	221.4	40.3
SF-60C-2	367.5	1.037	0.398	326.5	27.3	79.6	37.2	210.2	40.6
SF-60C-3	386.5	1.017	0.414	324.3	25.3	68.8	27.8	199.1	50.8
SF-60C-4	369.9	1.016	0.237	325.1	22.5	70.9	33.2	207.6	48.1
SF-60D-1	408.1	1.039	0.158	330.8	28	92.9	45	221.4	31.9
SF-60D-2	369.6	1.033	-0.054	322.5	18.7	68.2	38.5	212.3	45.5
SF-60D-3	367.5	1.019	0.272	317.6	30.6	66.9	29.2	191.1	45.2
SF-60D-4	374.2	1.021	0.294	320.1	28.8	69.7	31.4	197	44.9
SF-61A-1	418.5	1.036	-0.182	95.8	6.9	286.5	82.9	186	1.3
SF-61A-2	419.6	1.035	-0.822	106.0	5.1	10.6	46.4	200.8	43.1
SF-61A-3	422.5	1.026	-0.307	111.8	20.8	322.2	66.3	206	11
SF-61A-4	405.6	1.038	-0.180	125.0	15.6	309.8	74.4	215.4	1.2
SF-61A-5	390.5	1.034	-0.234	107.9	1.9	343.9	86.7	197.9	2.8

SF-61B-1	406.1	1.029	-0.049	106.2	14.9	343.7	63.6	202.1	21.2
SF-61B-2	406.1	1.038	-0.013	106.7	18.5	351.8	51.5	208.9	32.4
SF-61B-3	390.1	1.024	-0.421	92.8	7.9	352.4	52.3	188.8	36.6
SF-61B-4	387.3	1.037	0.311	105.2	16	336	65.6	200.5	17.9
SF-61B-5	398.7	1.025	-0.197	89.1	34.2	291.4	53.7	186.5	10.7
SF-62A-1	277	1.059	0.721	300.3	25	79.2	58.2	201.5	18.3
SF-62A-2	300	1.053	0.500	294.5	25	74.3	58.6	195.9	17.7
SF-62A-3	296	1.05	0.573	294.6	21.4	69.4	61	196.9	18.7
SF-62A-4	288	1.054	0.872	303.2	37.9	85.7	45.6	197.1	19.7
SF-62B-1	238	1.049	0.675	314.9	53	75.2	20.8	177.3	29.1
SF-62B-2	260	1.05	0.616	356.6	54.4	87.4	0.6	177.9	35.6
SF-62B-3	235	1.055	0.551	10.1	55.5	275.9	2.9	183.9	34.4
SF-62B-4	190	1.058	0.489	10.7	52.6	276.9	2.9	184.7	37.2
SF-62C-1	222	1.062	0.821	311.0	52.8	101.6	33.5	201.4	14.3
SF-62C-2	285	1.054	0.750	323.5	64	100.9	19.7	196.9	16.2
SF-62C-3	296	1.059	0.939	310.7	41.1	94	42.6	202.8	19.4
SF-62C-4	257	1.056	0.803	309.1	44.4	96.6	40.7	201.8	16.9
SF-62C-5	267	1.062	0.768	315.2	58	98	26.5	196.6	16.7
SF-63A-1	236	1.03	0.628	310.4	3.9	218.8	21.2	50.3	68.4
SF-63A-2	230	1.028	0.508	163.2	9.3	256.7	20.1	49.6	67.6
SF-63A-3	207	1.034	0.876	183.4	19.4	278	12.6	39.1	66.6
SF-63A-4	204	1.026	0.488	157.1	16.3	250.8	12.5	16.7	69.3
SF-63B-1	240	1.043	0.608	245.9	11.2	150.3	26.4	356.8	61
SF-63B-2	315	1.025	0.041	245.2	5.3	153.3	19.3	350	70
SF-63B-3	222	1.029	-0.030	270.0	0.1	179.9	26.8	0.3	63.2
SF-63B-4	228	1.027	0.195	87.4	0.2	177.4	17.6	356.8	72.4
SF-63C-1	413.2	1.032	0.171	269.0	10.9	1.4	12.1	138.3	73.6
SF-63C-2	401.1	1.031	0.425	268.5	12.8	4.5	24.8	153.7	61.7
SF-63C-3	410.0	1.028	0.587	80.3	3.1	347.2	44.3	173.4	45.5
SF-63C-4	402.1	1.034	0.428	263.8	4.4	355	15.3	158.1	74.1
SF-63D-1	72.3	1.063	0.792	107.7	29.7	330.9	51.9	210.7	21.6
SF-63D-2	66.8	1.088	0.655	304.7	14	72.5	68	210.4	16.7
SF-63D-3	66.4	1.079	0.901	330.8	57.8	125.9	29.7	222.4	11.2
SF-63D-4	70.6	1.087	0.917	113.6	23.3	332.6	61	210.8	16.3
SF-63E-1	71.4	1.069	0.030	309.4	38.6	99.8	47.4	206.9	15.1
SF-63E-2	68.3	1.068	0.154	308.5	38.1	115.3	51.1	213.4	6.5
SF-63E-3	72.1	1.074	0.547	307.1	36.4	97.6	49.7	205.8	14.9
SF-63E-4	69.8	1.067	0.203	307.1	43	108.5	45.5	208.2	9.4
SF-63F-1	66.8	1.042	0.666	308.3	4.6	59.7	77.5	217.4	11.6
SF-63F-2	64.7	1.033	0.255	67.20	73.7	302.1	9.5	209.9	13.1
SF-63F-3	75.1	1.054	0.365	310.4	11.6	73.9	69.6	216.9	16.6
SF-64A-1	370.9	1.036	0.580	167.0	33.5	278.7	29.2	39.5	42.5
SF-64A-2	385.3	1.033	0.540	167.8	23.7	273.3	31.3	47.5	48.9
SF-64A-3	404.3	1.032	0.646	176.3	36	285.4	24.3	41.4	44.2
SF-64A-4	414.6	1.033	0.786	172.5	26.6	275.1	23.6	40.7	53.1
SF-64B-1	382.4	1.042	0.429	154.4	21.9	259.9	33.6	37.7	48.1
SF-64B-2	412.1	1.043	0.287	157.9	23.5	266.4	36.1	42.4	44.6
SF-64B-3	404.1	1.043	0.230	157.0	23.5	261.4	29.8	35.2	50.4
SF-64B-4	418.3	1.043	0.226	156.9	22	262.8	34.1	40.6	47.6
SF-65A-1	256	1.04	0.450	9.3	25.9	106.4	14.3	222.5	59.9
SF-65A-2	278	1.038	0.729	37.9	26.6	307.1	1.6	213.9	63.4
SF-65A-3	251	1.036	0.520	37.2	23	127.7	1.1	220.3	66.9
SF-65A-4	259	1.037	0.305	40.8	22	310.8	0.2	220.3	68
SF-65B-1	217	1.044	0.752	90.7	16.9	350.9	29.4	206.6	55.2
SF-65B-2	246	1.045	0.913	315.5	12.4	52.2	28.3	204.4	58.7
SF-65B-3	223	1.054	0.871	334.5	20.4	76.5	29.3	214.7	53.1
SF-65B-4	246	1.068	0.904	113.2	10.7	17.6	27.4	222.5	60.3
SF-66A-1	269	1.089	0.773	335.8	18.9	74.5	24	211.5	58.6
SF-66A-2	245	1.093	0.888	335.7	21.3	71.7	14.9	194.1	63.6
SF-66A-3	240	1.077	0.764	343.9	29.7	84.3	17.6	200.7	54.5
SF-66A-4	246	1.095	0.581	349.7	20.6	87.3	19.3	216.7	61.2



SF-66B-1	292	1.083	0.840	116.8	9.8	19.4	36.8	219.3	51.5
SF-66B-2	304	1.093	0.880	25.7	36	118.7	4.1	214.2	53.7
SF-66B-3	287	1.087	0.705	5.1	27.4	104.2	17	222.3	57
SF-66B-4	316	1.089	0.773	16.4	29.3	113.1	11.6	222.3	58.1
SF-67A-1	243	1.028	-0.305	299.1	29.7	185	35.6	57.9	40.2
SF-67A-2	253	1.026	-0.340	290.9	26.4	177	39.2	44.9	39.4
SF-67A-3	258	1.03	-0.463	295.7	32.4	177.1	37	53.5	36.3
SF-67A-4	254	1.028	-0.062	297.0	33.8	188.5	25.3	69.8	45.5
SF-67B-1	281	1.028	-0.651	304.3	35.7	170.2	44.1	53.6	24.8
SF-67B-2	261	1.028	-0.571	296.7	38.1	195.3	14.1	88.8	48.5
SF-67B-3	279	1.02	-0.629	305.9	28.1	199.1	28.4	72.3	48
SF-67B-4	271	1.024	-0.620	303.3	26.3	211.4	3.7	114	63.4
SF-67C-1	276	1.028	-0.356	300.2	26.4	180.3	45.1	49.2	33.2
SF-67C-2	244	1.025	-0.655	297.0	23.8	180.6	45.2	45.2	35.3
SF-67C-3	251	1.03	-0.550	305.1	31.4	196.6	27.5	74.1	45.9
SF-67C-4	220	1.022	-0.664	286.8	42.5	180	17.4	73.4	42.3
SF-68A-1	220	1.028	-0.370	321.1	40.7	94.6	38.7	207	25.4
SF-68A-2	198	1.028	0.099	295.0	56.4	130.7	32.6	36	7.3
SF-68A-3	233	1.034	0.031	304.6	46.7	96.9	39.9	199.1	14.2
SF-68A-4	202	1.041	0.001	317.6	48.9	116.1	39.1	215	10.8
SF-68B-1	215	1.018	0.514	318.6	52.1	113.3	35.1	212.2	12.4
SF-68B-2	211	1.014	0.147	284.9	0.8	15.8	49.8	194.2	40.2
SF-68B-3	248	1.025	0.280	309.8	32.5	83.7	47.4	203.1	24.3
SF-68B-4	213	1.033	0.023	301.5	41.8	103.9	46.8	203.5	8.9
SF-69A-1	299	1.044	-0.402	308.7	32.8	42.6	6.1	141.8	56.5
SF-69A-2	249	1.046	-0.503	299.9	34.9	39.5	13.5	147.2	51.9
SF-69A-3	246	1.04	-0.652	298.8	28.5	30.2	2.6	124.9	61.3
SF-69A-4	251	1.045	-0.578	304.7	33.2	55.5	28.5	176.4	43.5
SF-69B-1	228	1.034	-0.738	304.7	45.2	44.3	9.4	143.3	43.3
SF-69B-2	251	1.033	-0.535	304.8	41.9	45.9	12	148.4	45.6
SF-69B-3	264	1.034	-0.518	302.6	43.7	66.2	30	176.9	31.5
SF-69B-4	253	1.035	-0.761	312.0	38.6	54	14.5	160.5	47.7
SF-70A-1	281	1.044	0.348	282.1	35.2	184.1	11.1	79.3	52.6
SF-70A-2	283	1.043	0.336	299.1	36	199.1	13.4	92.1	50.8
SF-70A-3	234	1.035	-0.472	255.1	43.9	32.9	37.5	141.5	22.6
SF-70A-4	253	1.035	0.176	283.9	32.8	188.1	8.9	84.9	55.7
SF-70B-1	239	1.051	0.083	281.7	36.5	61.1	45.7	174.8	21.4
SF-70B-2	256	1.031	0.196	287.1	31	53.3	44.5	177.2	29.6
SF-70B-3	292	1.038	0.254	298.8	47.5	57.3	23.6	163.7	33
SF-70B-4	249	1.046	-0.176	289.4	44.1	45	24.1	154.1	36.2
SF-71A-1	284	1.053	-0.185	313.7	37.3	99.5	47.3	209.7	17.6
SF-71A-2	258	1.041	-0.397	321.6	36	96.1	44	212.3	24.6
SF-71A-3	262	1.043	-0.233	309.7	37.2	111.7	51.4	212.9	8.8
SF-71A-4	218	1.045	-0.325	309.4	29	157.1	57.9	46.5	12.5
SF-71B-1	229	1.047	-0.147	320.1	38.5	105.9	46.1	215.3	17.7
SF-71B-2	190	1.042	-0.297	310.4	38.7	108.7	49.2	211.5	10.9
SF-71B-3	208	1.041	-0.634	312.4	37.6	88.2	42.9	202.5	23.9
SF-71B-4	198	1.046	-0.415	321.1	43.1	115.3	43.8	218.4	13.3
SF-72A-1	291	1.062	0.260	304.7	35.7	90.9	49.1	201.9	17.2
SF-72A-2	295	1.06	0.272	310.8	45.6	105.6	41.6	207.3	12.9
SF-72A-3	262	1.063	0.552	311.1	44.5	95.6	39.6	201.8	18.6
SF-72B-1	253	1.071	0.577	322.0	51.5	103.9	32	206.3	19
SF-72B-2	255	1.075	0.651	321.8	48.1	105.4	35.8	209.6	18.7
SF-72B-3	296	1.079	0.539	318.8	45.6	100.5	37.5	206.8	20.1
SF-72B-4	258	1.079	0.570	329.5	50.3	107.7	31.7	211.6	21.2
SF-73A-1	214	1.04	-0.361	298.1	14.6	39.1	36.4	190.1	49.9
SF-73A-2	234	1.037	-0.134	308.9	16	45.9	23.1	187.3	61.4
SF-73A-3	236	1.038	-0.417	308.4	13.2	51	42.7	205.2	44.3
SF-73A-4	222	1.047	-0.044	308.6	18.4	45.3	19.4	178.4	62.8
SF-73B-1	192	1.036	-0.323	303.5	12.3	38.9	23.4	188	63.2
SF-73B-2	207	1.036	-0.516	308.6	10.8	41.8	16.3	186.4	70.3

SF-73B-3	240	1.037	-0.160	309.0	4.2	42.1	36.3	213.3	53.4
SF-73B-4	264	1.048	-0.165	304.4	15.5	43.8	30.4	191	55.1
SF-73C-1	239	1.037	-0.754	292.0	13.2	36.7	47.3	190.8	39.7
SF-73C-2	257	1.037	-0.494	300.1	12.7	41.6	41.7	196.8	45.5
SF-73C-3	260	1.035	-0.480	309.4	13.6	52.9	43.9	206.4	42.9
SF-73D-1	280	1.039	-0.094	326.5	29.2	76	30.8	202.6	44.9
SF-73D-2	277	1.043	-0.363	312.5	26.1	56.8	26.8	185.4	51
SF-73D-3	276	1.034	-0.294	309.3	22.6	71.5	52	206.1	28.7
SF-74A-1	225	1.054	0.863	73.7	0.7	343.2	35.8	164.6	54.2
SF-74A-2	182	1.052	0.506	39.5	23.7	298.5	23.5	169.2	55.6
SF-74A-3	180	1.048	0.445	53.9	19.1	313.3	28	173.8	55.1
SF-74B-1	177	1.051	0.604	352.0	41.8	261.3	0.8	170.5	48.2
SF-74B-2	241	1.044	0.589	355.2	40.1	260.5	5.5	164	49.4
SF-74B-3	230	1.059	0.780	332.7	38.7	72.4	11.8	176.3	48.9
SF-74C-1	243	1.036	0.719	332.2	45.6	67.3	5	162.1	44
SF-74C-2	214	1.045	0.781	331.5	44.9	237.5	4	143.5	44.9
SF-74C-3	196	1.033	0.621	312.4	41.8	49.2	7.6	147.5	47.2
SF-74C-4	205	1.035	0.511	307.2	46.7	48.2	10.2	147.4	41.5
SF-75A-1	213	1.027	-0.372	108.6	4.1	13.4	51.4	201.8	38.3
SF-75A-2	253	1.028	0.106	304.7	14.5	64.4	62.4	208.4	22.9
SF-75A-3	324	1.035	0.011	121.1	3.3	29	32	216.3	57.8
SF-75A-4	264	1.032	0.335	109.7	3	15.7	53	202	36.8
SF-75B-1	233	1.03	0.106	322.9	0.1	52.9	17	232.7	73
SF-75B-2	283	1.028	-0.149	325.3	2.6	56.4	21.7	228.8	68.2
SF-75B-3	294	1.027	0.130	145.7	0.4	55.2	46.8	236.1	43.2
SF-75B-4	274	1.029	0.061	154.2	4.1	61.1	37.5	249.4	52.2
SF-76A-1	271	1.047	0.248	107.9	47.6	231.4	26.7	338.4	30.2
SF-76A-2	279	1.033	-0.523	80.8	40.9	207.7	34.8	321.1	29.8
SF-76A-3	224	1.031	-0.756	82.4	42	220.2	39.4	330.3	22.7
SF-76B-1	219	1.037	0.758	193.2	39	81.2	24.8	327.6	40.8
SF-76B-2	246	1.043	0.719	203.9	18.5	96.7	41.5	311.9	42.7
SF-76B-3	254	1.038	0.519	186.1	31.2	80.3	24.2	319.6	48.7
SF-76B-4	285	1.036	0.647	213.5	22.8	105.5	36.4	328.3	44.9
SF-77A-1	279	1.037	0.698	127.2	5.9	34.1	27.2	228.4	62
SF-77A-2	265	1.032	0.250	317.5	19.1	63.1	37.8	206.5	46
SF-77A-3	282	1.027	0.098	320.5	21	100.2	63.3	224.3	15.8
SF-77A-4	269	1.026	-0.687	312.5	12.2	188.4	68.9	46.2	16.9
SF-77B-1	238	1.033	0.741	357.5	31.4	118.1	39.8	242.9	34.4
SF-77B-2	226	1.039	0.706	343.4	7.2	81.7	48.7	247.2	40.4
SF-77B-3	273	1.034	0.530	342.3	13.7	92.7	55	243.7	31.4
SF-77B-4	253	1.034	0.823	356.4	30.8	113.9	37.8	239.7	37
SF-78A-1	265	1.03	-0.580	342.4	10.2	195.4	77.9	73.6	6.4
SF-78A-2	264	1.021	-0.519	336.1	17.6	223.8	50	78.7	34.5
SF-78A-3	238	1.036	0.103	340.4	15.6	236.9	39.9	87.1	45.9
SF-78A-4	219	1.026	-0.637	338.0	14.1	232.5	46.9	80	39.7
SF-78B-1	223	1.024	-0.126	332.6	37.4	226.8	19.6	115.2	46
SF-78B-2	228	1.025	0.365	346.6	25.7	228.3	44.6	95.8	34.4
SF-78B-3	251	1.018	0.295	7.0	5.7	270	50.6	101.6	38.8
SF-78B-4	160	1.018	0.288	343.6	32.1	224.7	37.7	100.6	35.9
SF-79A-1	262	1.022	-0.479	301.5	44.4	169.1	34.5	59.7	25.8
SF-79A-2	231	1.021	-0.009	284.2	51.1	157	26	52.8	26.7
SF-79A-3	258	1.019	0.206	308.6	30.3	180.2	46.8	56.4	27.6
SF-79B-1	258	1.016	0.523	312.1	51.3	158.5	35.7	58.9	13.1
SF-79B-2	271	1.02	0.225	284.4	47.3	162.1	26.2	54.9	30.9
SF-79B-3	224	1.018	0.101	269.9	59.9	154.6	13.9	57.6	26.1
SF-80A-1	211	1.03	0.618	109.1	46.6	11.3	7.3	274.5	42.4
SF-80A-2	157	1.032	0.177	89.8	47.4	192.1	11.1	291.7	40.4
SF-80A-3	206	1.027	0.635	71.4	30.2	173	19	290.3	53.2
SF-80A-4	190	1.042	-0.017	76.2	48	193.2	22.2	298.9	33.5
SF-80B-1	228	1.04	-0.117	123.1	44.1	25.1	8.1	287	44.7
SF-80B-2	208	1.043	0.255	127.7	51.2	19	14.5	278.5	35.1

SF-80B-3	217	1.036	0.084	120.0	44.7	16.9	12.9	274.8	42.4
SF-81A-1	208	1.019	0.441	318.7	52.8	98.8	30.2	200.7	19.5
SF-81A-2	246	1.026	0.357	20.5	66.4	121.5	4.8	213.5	23.1
SF-81A-3	223	1.027	0.355	345.9	58.4	116.7	21.9	215.9	21.6
SF-81A-4	250	1.022	0.265	343.5	70.7	119.3	14.1	212.6	12.9
SF-81B-1	245	1.024	-0.416	334.9	55.8	70.2	3.6	162.6	33.9
SF-81B-2	320	1.023	-0.458	340.6	44.3	98.4	25.5	207.8	34.9
SF-81B-3	222	1.019	-0.020	17.0	36.5	118.2	14.8	226.3	49.7
SF-81B-4	225	1.021	-0.056	334.3	67.5	104.4	14.9	198.9	16.4
SF-82A-1	244	1.044	-0.270	360.0	26.1	112.7	38.4	245.2	40.5
SF-82A-2	237	1.043	0.002	343.6	22.4	91	35.9	228.6	45.6
SF-82A-3	227	1.043	-0.079	352.4	28.4	102.7	32.7	230.9	44
SF-82B-1	259	1.03	-0.137	4.1	1.1	94.3	5.8	263.1	84.1
SF82B-2	217	1.03	-0.174	9.6	16.8	275.9	12.1	151.8	69.1
SF-83A-1	236	1.05	0.270	31.5	23.9	300.3	2.6	204.5	65.9
SF-83A-2	265	1.052	0.170	27.6	25.9	119.2	3.1	215.6	63.9
SF-83A-3	240	1.044	0.131	30.0	22.6	298.3	4.2	198.4	67
SF-83A-4	237	1.043	0.189	32.7	21.7	124.6	4.7	226.2	67.8
SF-83B-1	234	1.053	0.388	29.5	24.7	124.5	10.8	236.2	62.7
SF-83B-2	228	1.051	0.299	17.9	19.2	110.8	8.3	223.1	69
SF-83B-3	233	1.054	0.406	27.0	24.6	121.1	8.9	229.5	63.6
SF-83B-4	271	1.057	0.449	21.9	21.9	116.3	10.9	231	65.3
SF-84A-1	236	1.039	-0.214	25.5	8.7	120.3	28.2	279.9	60.2
SF-84A-2	250	1.046	0.006	17.3	12	110	12.8	245.5	72.3
SF-84A-3	255	1.047	-0.202	18.0	10.4	112.5	23.1	265.5	64.4
SF-84A-4	313	1.042	-0.312	27.3	9.7	121	20.5	273.4	67.1
SF-84B-1	292	1.047	-0.243	8.9	11.3	108.5	39.9	266.2	47.9
SF-84B-2	256	1.042	-0.474	18.2	12.9	113.5	21.8	259.8	64.3
SF-84B-3	298	1.044	-0.354	4.6	15.5	98.7	14.6	229.9	68.5
SF-84B-4	193	1.042	-0.965	16.2	18.8	126.3	45.2	270.3	38.8
SF-85A-1	240	1.043	0.532	70.2	19.1	166.3	17.1	295.2	63.9
SF-85A-2	231	1.049	0.599	82.9	19.9	175.6	7.6	285.5	68.6
SF-85A-3	250	1.042	0.553	77.9	22.6	174.1	14.4	294	62.7
SF-85A-4	198	1.04	0.649	67.1	19	161.4	12.4	282.7	67.1
SF-85B-1	237	1.04	0.525	55.6	33.1	151.8	9.4	255.6	55.3
SF-85B-2	247	1.043	0.405	57.9	32.3	153.5	8.7	256.8	56.3
SF-85B-3	261	1.045	0.408	52.8	26.4	149.6	13.3	263.7	59.9
SF-85B-4	231	1.045	0.355	70.7	33.2	168	11.1	274.1	54.5
SF-86A-1	147	1.049	0.498	60.9	50	164.2	10.9	262.8	37.9
SF-86A-2	234	1.029	-0.018	16.5	48.7	137.5	24.3	243.3	31
SF-86A-3	225	1.033	0.239	5.6	51	151.5	33.9	253.4	17
SF-86A-4	213	1.032	-0.380	352.6	39.1	131.9	43.1	243.7	21.7
SF-86B-1	213	1.026	-0.163	22.5	61.2	127.2	7.9	221.4	27.5
SF-86B-2	175	1.023	-0.241	37.9	69.1	135.7	3	226.9	20.6
SF-86B-3	173	1.019	-0.249	52.2	67.5	157.5	6.2	249.9	21.5
SF-87A-1	28	1.019	0.487	36.2	12.9	126.6	1.9	224.7	77
SF-87A-2	28	1.019	0.650	299.6	3.4	29.6	0.1	121.5	86.6
SF-87A-3	29	1.025	0.814	336.6	1.1	246.6	0.1	151.8	88.9
SF-87A-4	28	1.02	0.794	309.9	2.2	40	1.6	167.3	87.3
SF-87B-1	26	1.014	0.515	127.9	11.6	36.3	7.7	273.4	76.1
SF-87B-2	33	1.169	0.350	54.0	9.4	147.9	22.3	302.5	65.6
SF-87B-3	27	1.036	0.495	115.8	6.9	25.7	0.5	291.7	83
SF-87B-4	30	1.046	0.482	124.8	12.6	215.5	3.4	320.5	76.9
SF-87C-1	25	1.019	0.394	14.5	20.4	276.5	20.5	145.3	60.4
SF-87C-2	24	1.025	0.437	329.6	4.5	239.3	3.4	112.1	84.3
SF-87C-3	24	1.015	0.433	323.8	13.7	229.7	16.5	91.6	68.2
SF-87C-4	24	1.03	0.897	259.5	13.3	169	1.9	71.2	76.5
SF-88A-1	19	1.046	-0.014	238.1	57.8	69.8	31.7	336.5	5.3
SF-88A-2	22	1.043	-0.344	238.1	55.5	108.9	23.5	7.9	23.8
SF-88A-3	17	1.041	-0.208	242.9	55.9	98	29	358.6	16.3
SF-88A-4	30	1.046	0.327	207.0	67.9	315	7.2	47.7	20.8

SF-88B-1	23	1.049	-0.368	241.1	57.5	78	31.4	343.3	7.7
SF-88B-2	34	1.04	-0.042	231.6	62.5	50.9	27.5	141	0.3
SF-88B-3	26	1.056	0.618	233.1	63.2	62.1	26.6	330.3	3.6
SF-88B-3	27	1.042	-0.173	231.2	60.9	43.2	28.9	135.1	3.4
SF-89A-1	273	1.071	0.823	14.2	7.1	104.9	5.1	230	81.2
SF-89A-2	278	1.068	0.795	7.3	7.7	98.2	6.8	229.2	79.7
SF-89A-3	310	1.065	0.685	0.4	4	90.8	5.9	236.1	82.9
SF-89A-4	271	1.067	0.615	15.8	6	106.7	9.1	252.7	79.1
SF-89B-1	275	1.07	0.818	3.0	8.5	93.6	4.3	210.1	80.5
SF-89B-2	291	1.071	0.782	327.8	2	58.1	9.7	226.2	80.1
SF-89B-3	274	1.069	0.649	349.0	1.1	79.1	6	248.5	83.9
SF-89B-4	286	1.073	0.820	8.9	8.2	99.8	6.2	226.5	79.7
SF-89C-1	330	1.049	0.393	298.8	8.2	31	15	181	72.8
SF-89C-2	324	1.058	0.485	297.6	8.2	30.1	17.1	183.1	70.9
SF-89C-3	351	1.053	0.579	305.8	9.6	39.6	21.1	192.7	66.6
SF-89D-1	321	1.053	0.380	9.0	11.3	102.1	15.5	244.4	70.7
SF-89D-2	318	1.06	0.415	11.5	10	104	13.9	246.8	72.8
SF-89D-3	323	1.06	0.479	13.6	5.7	105.2	15.6	264.2	73.3
SF-90A-1	262	1.077	0.921	101.4	6.3	10.2	11.5	219.5	76.9
SF-90A-2	245	1.077	0.735	119.5	5.8	27.8	17	227.7	72
SF-90A-3	281	1.072	0.720	136.7	4.4	45.4	16.3	241.4	73.1
SF-90A-4	259	1.076	0.877	136.9	2.3	46.3	14.9	235.4	74.9
SF-90A-5	233	1.082	0.790	129.3	4.3	38.1	15.3	234.4	74.1
SF-90B-1	253	1.073	0.796	143.6	3.7	52.9	10.8	252.4	78.6
SF-90B-2	281	1.068	0.703	138.7	5.9	47.3	13.8	251.4	75
SF-90B-3	297	1.08	0.745	353.1	5.6	84.3	11.2	236.9	77.4
SF-90B-4	214	1.08	0.853	237.7	1.9	147.4	9.6	338.7	80.2
SF-92A-1	226	1.083	0.509	141.1	1.4	50.6	19.1	235.1	70.9
SF-92A-2	232	1.075	0.339	140.6	4.4	49.5	14.8	246.7	74.5
SF-92A-3	233	1.08	0.480	137.4	4.6	45.9	17.8	241.3	71.6
SF-92A-4	210	1.088	0.385	127.7	10.4	34.6	16.8	248.2	70.1
SF-92B-1	276	1.081	0.356	144.8	5.6	52.2	24.7	246.7	64.6
SF-92B-2	262	1.078	0.417	142.3	7	49.8	20.1	250.6	68.7
SF-92B-3	248	1.073	0.286	141.8	8.1	48.3	23.4	249.6	65.1
SF-92B-4	199	1.08	0.367	140.4	13.9	46.9	13.7	274	70.2
SF-92C-1	240	1.078	0.429	137.5	7.4	44	24.8	242.8	64
SF-92C-2	260	1.087	0.298	137.4	7	45.1	17.4	248.6	71.2
SF-92C-3	257	1.085	0.312	131.7	7.2	39.1	19.3	241.2	69.3
SF-93A-1	275	1.081	0.686	85.8	12.1	347.8	32.9	193.2	54.4
SF-93A-2	365	1.122	0.808	96.7	7.7	2.9	26	201.8	62.7
SF-93A-3	258	1.077	0.745	85.3	13.7	346.7	31.4	195.7	55.1
SF-93A-4	254	1.083	0.867	284.6	6.6	19.6	37	186	52.2
SF-93B-1	267	1.073	0.536	137.4	12.1	39.9	31.5	245.7	55.8
SF-93B-2	320	1.077	0.406	139.1	4.6	46.9	25.6	238.6	63.9
SF-93B-3	256	1.077	0.607	132.1	6.1	38.1	33.6	231.1	55.7
SF-93B-4	315	1.076	0.535	335.2	0.7	65.6	32.2	244.1	57.8
SF-83C-1	279	1.081	0.720	147.6	2.5	55.8	34.7	241.2	55.2
SF-93C-2	256	1.066	0.526	141.5	6.1	47.4	33.8	240.4	55.5
SF-93C-3	261	1.074	0.773	117.8	16.4	20.3	24	238.9	60.3
SF-93C-4	269	1.067	0.595	145.5	7.3	51.3	30.1	247.8	58.8
SF-94A-1	302	1.067	0.532	114.7	17.5	21.5	10.1	262.8	69.6
SF-94A-2	292	1.077	0.756	95.1	26.7	0.2	9.6	252.1	61.4
SF-94A-3	283	1.077	0.597	129.2	13.8	34.8	17.3	255.7	67.6
SF-84A-4	264	1.074	0.455	132.3	16.2	40.1	7.5	286.1	72.1
SF-94B-1	232	1.068	0.461	104.5	18.7	9.2	15.3	242.3	65.5
SF-94B-2	262	1.066	0.259	100.3	18.6	8.2	6.1	260.7	70.4
SF-94B-3	267	1.073	0.546	116.2	17.7	21.8	13.5	256.4	67.4
SF-94B-4	330	1.079	0.723	117.2	13.6	24.6	10.7	257.6	72.5
SF-94C-1	262	1.075	0.708	112.5	21.2	19.8	6.9	272.7	67.6
SF-94C-2	279	1.083	0.835	108.5	20.8	15.5	8.1	265.4	67.5
SF-94C-3	251	1.079	0.931	111.8	20.9	18.3	9.1	266.2	67

SF-94C-4	314	1.081	0.847	128.5	15	34.3	15.3	261	68.3
SF-95A-1	249	1.055	0.453	86.3	24.1	350.6	12.5	235.4	62.5
SF-95A-2	222	1.051	0.611	85.5	24.9	348	15.8	228.8	59.9
SF-95A-3	255	1.056	0.471	74.8	25.2	338.1	13.9	221.9	60.7
SF-95A-4	280	1.067	0.582	58.2	27.2	323.1	9.7	215.2	60.8
SF-95B-1	282	1.058	0.654	79.8	22.7	343.4	14.8	223	62.4
SF-95B-2	265	1.068	0.568	81.1	18	346	15.3	218.1	66.1
SF-95B-3	293	1.071	0.758	72.0	20.8	341	2.6	244.2	69
SF-95B-4	288	1.067	0.838	72.2	21.1	338.9	8.5	228	67.1
SF-96A-1	234	1.079	0.571	322.9	9.2	58.8	32.3	218.9	56.1
SF-96A-2	216	1.081	0.605	326.3	14.7	64.3	28	211.7	57.7
SF-96A-3	269	1.095	0.670	330.9	13.7	68.1	27.3	217	59
SF-96A-4	272	1.083	0.587	341.4	12.5	78	27.3	229.2	59.5
SF-96B-1	268	1.089	0.764	328.6	22.3	74	32.8	210.9	48.6
SF-96B-2	258	1.095	0.783	334.5	8	68.9	28.4	230.2	60.3
SF-96B-3	258	1.095	0.713	326.7	12.4	64.8	32.6	218.7	54.5
SF-96B-4	251	1.091	0.799	328.2	10.3	64.8	31.9	222.5	56.1
SF-97A-1	279	1.078	0.488	10.8	25.7	101.9	2.3	196.8	64.1
SF-97A-2	284	1.061	0.101	15.9	22.4	108.4	6.2	213.1	66.7
SF-97A-3	304	1.061	0.527	6.4	21.7	101.1	11.5	217.2	65.2
SF-97A-4	281	1.06	0.176	15.3	19.6	108.5	8.8	221.4	68.4
SF-97B-1	312	1.081	0.840	48.8	28	139.2	0.8	230.7	61.9
SF-97B-2	282	1.074	0.738	40.3	28.6	130.9	1	222.8	61.4
SF-97B-3	300	1.074	0.585	31.3	28.9	124.8	6.3	226	60.3
SF-97B-4	277	1.072	0.715	30.0	27.9	121.2	2.3	215.6	62
SF-98A-1	231	1.06	0.677	143.9	1.6	53	30	236.6	60
SF-98A-2	241	1.076	0.718	321.2	3.1	52.7	27.3	225.3	62.5
SF-98A-3	251	1.065	0.638	325.5	3.1	57.4	31.9	230.5	57.9
SF-98B-2	245	1.074	0.448	350.4	14.6	84.2	14.2	216.4	69.4
SF-98B-3	266	1.06	0.392	354.1	15.2	88.6	16.1	222.9	67.5
SF-98B-4	238	1.058	0.327	354.3	16.8	86.9	8.6	203.1	70.9
SF-98B-1	288	1.075	0.657	348.1	6.4	80.1	16.5	237.5	72.2
SF-99A-1	264	1.062	0.618	341.0	1.4	71.6	21.4	247.4	68.5
SF-99A-2	243	1.047	0.658	165.5	3.7	73.1	32.9	261.1	56.8
SF-99A-3	268	1.055	0.771	144.4	8.9	49.1	30.3	249	58.1
SF-99A-4	276	1.162	-0.041	350.5	9.6	260.4	0.1	169.6	80.4
SF-99B-1	445	1.048	0.591	349.5	10.2	82.1	14.3	225.1	72.3
SF-99B-2	430	1.043	0.373	345.1	9.3	77.8	15.7	225.6	71.6
SF-99B-2	470	1.048	0.378	343.0	14.5	76.3	12.4	205.1	70.7
SF-99B-4	473	1.04	0.365	343.0	10	75.5	13.9	218.3	72.7
SF-100A-1	263	1.053	-0.017	338.7	5.9	71.5	24.9	236.3	64.3
SF-100A-2	271	1.054	0.089	351.1	3.2	83.1	31.8	255.9	58
SF-100A-3	243	1.055	0.077	355.5	10.3	89.9	22.7	242.9	64.8
SF-100A-4	213	1.061	0.080	345.6	5.9	79.5	33.5	246.8	55.8
SF-100B-1	264	1.05	0.200	351.2	6.6	84.2	24.7	247.3	64.4
SF-100B-2	294	1.046	0.175	348.1	5.6	80.4	22.2	244.6	67.1
SF-100B-3	283	1.051	0.180	346.8	3.1	78	22.6	249.4	67.2
SF-100B-4	234	1.046	0.102	348.2	6.6	82	29.9	247	59.2
SF-100B-5	220	1.042	-0.107	341.3	6.8	73.4	17.4	230.8	71.3
SF-100C-1	265	1.053	-0.001	317.0	5.6	50.3	30.2	217.6	59.2
SF-100C-2	266	1.054	-0.242	324.9	3.4	57.2	34	229.9	55.8
SF-100C-3	265	1.054	0.012	319.0	4.7	49.3	4.3	181.5	83.6
SF-100C-3	282	1.059	-0.053	329.1	2.8	60	17	229.9	72.8
SF-101A-1	225	1.052	0.271	16.1	21	121.9	35.5	261.9	47
SF-101A-2	266	1.051	0.217	12.2	20.9	119	37	259.2	45.6
SF-101A-3	258	1.049	0.112	10.3	19.6	118.5	41.2	261.4	42.3
SF-101A-4	275	1.049	0.239	12.2	17.8	115.3	35.1	260.2	49.3
SF-101B-1	267	1.054	0.333	352.4	9.8	90.2	38.1	250.4	50.2
SF-101B-2	222	1.052	0.212	9.6	19.6	116.3	38.9	259	44.6
SF-101B-3	276	1.044	0.538	350.3	8.7	87.1	37.8	249.5	50.9
SF-101B-4	241	1.048	0.320	357.5	14.7	98	34.8	248.4	51.3

SF-102A-1	238	1.069	0.385	114.8	31.1	7.8	25.9	245.9	47.5
SF-102A-2	251	1.083	0.598	101.1	27.3	357.3	24.7	231.8	51.6
SF-102A-3	247	1.077	0.373	106.8	28.8	1.9	25	238	50.1
SF-102A-4	197	1.081	0.445	90.6	29.6	347.2	22.1	226.4	51.6
SF-102A-5	235	1.082	0.633	113.6	30.6	5	28.3	241.2	46
SF-102B-1	254	1.091	0.449	146.5	26.3	38.6	31.9	267.8	46.4
SF-102B-2	311	1.078	0.549	147.9	15.4	42.4	44.2	252.1	41.8
SF-102B-3	243	1.078	0.365	142.8	25.6	35.8	31.5	264.1	47.3
SF-102B-4	250	1.085	0.616	155.9	24	46.1	37.2	270.7	43.2
SF-102B-5	235	1.088	0.792	150.1	28.9	42.7	28.5	276.7	47.2
SF-103A-1	323	1.055	0.654	18.0	14.3	114	22.5	258	62.9
SF-103A-2	316	1.064	0.740	2.9	8.6	95.7	17.7	248	70.2
SF-103A-3	271	1.068	0.594	352.0	10.5	88	29.9	244.8	58
SF-103A-4	262	1.073	0.449	351.5	12.5	88.3	28.3	240.2	58.6
SF-103B-1	277	1.057	0.910	164.5	6.8	73.1	11.5	284.5	76.6
SF-103B-2	304	1.065	0.710	9.7	0.7	99.9	15.5	277	74.5
SF-103B-3	290	1.059	0.745	149.7	8.2	57.9	12.3	272.6	75.1
SF-103B-4	372	1.057	0.741	140.5	5.6	49.7	8.2	264.2	80.1
SF-103B-5	185	1.06	0.923	170.0	4.4	79.2	10.8	282	78.3
SF-104A-1	270	1.043	0.714	15.4	22.9	108.8	7.9	216.7	65.6
SF-104A-2	379	1.047	0.520	1.5	20.1	96.3	13	217.2	65.7
SF-104A-3	266	1.04	0.639	38.5	24.7	131.2	5.8	233.6	64.5
SF-104A-4	286	1.042	0.828	7.6	18.1	99.7	6.4	208.4	70.7
SF-104B-1	242	1.038	0.356	5.4	21.3	103.2	19.3	231.6	60.6
SF-104B-2	271	1.045	0.339	354.3	14.8	88.5	15.4	222.5	68.4
SF-104B-3	248	1.04	0.376	346.2	16.7	82	18.4	216.7	64.7
SF-104B-4	300	1.046	0.455	9.1	23	106.4	16.7	229.2	61
SF-104B-5	273	1.04	0.566	2.5	12.6	96.5	17.1	238	68.5
SF-104C-1	295	1.046	0.550	2.7	24.2	100.5	16.9	222.1	59.8
SF-104C-2	248	1.043	0.398	357.4	19.6	90.2	7.8	200.8	68.7
SF-104C-3	290	1.039	0.539	11.7	25.2	106.4	9.9	216.2	62.7
SF-105A-2	306	1.051	0.781	28.2	23.7	128.1	21.3	255.3	57.2
SF-105A-3	228	1.032	0.068	91.1	48	189.4	7.4	285.8	41.1
SF-105A-4	246	1.037	0.628	37.1	17.5	138.8	32.7	283.5	51.8
SF-105B-1	252	1.043	0.370	356.6	11.7	93.3	29.7	247.5	57.7
SF-105A-2	283	1.046	0.436	358.2	16.7	95.1	21.6	233.7	62.1
SF-105A-3	250	1.043	0.442	359.3	18.1	101.3	32.3	244.7	51.8
SF-105B-4	236	1.051	0.282	3.6	15.3	102.9	30.8	250.8	54.9
SF-105C-1	260	1.055	0.624	14.6	26.5	121.3	30	251.1	48
SF-105C-2	245	1.053	0.528	11.8	22.5	117.4	33	254.1	48.3
SF-105C-3	264	1.044	0.176	349.3	8.7	83.9	27.5	243.2	60.9
SF-105C-4	270	1.041	0.422	347.2	16.3	87.5	31.5	233.8	53.6
SF-105C-4	295	1.048	0.277	351.2	16.9	90.4	27.8	233.7	56.7
SF-106A-1	314	1.033	0.303	157.6	1.5	247.9	12	60.7	77.9
SF-106A-2	288	1.045	0.485	160.5	3.9	251.4	12.8	54	76.7
SF-106A-3	275	1.036	0.582	166.6	2.6	257.1	11.8	64.2	77.9
SF-106A-4	268	1.032	0.614	328.0	1.7	237.6	12.5	65.5	77.4
SF-106C-1	273	1.033	0.191	136.5	11.4	42	21.1	253	65.7
SF-106C-2	265	1.036	0.289	123.5	15.7	29.7	13	261.8	69.4
SF-106C-3	283	1.033	0.235	116.1	19.9	19.3	18.1	250.2	62.6
SF-106C-4	275	1.037	0.490	131.2	16.3	36.4	15.9	264.4	66.9
SF-106C-5	277	1.043	0.749	123.7	15.9	27.3	21.3	247.6	62.9
SF-107A-2	277	1.043	0.503	33.0	16.4	133.6	32	280	53.1
SF-107A-1	267	1.046	0.725	50.0	21.7	152.7	28.9	288.7	52.5
SF-107A-3	231	1.04	0.624	77.5	36.8	173.2	7.6	273.1	52.2
SF-107A-4	279	1.037	0.634	66.7	19.3	161.1	12.5	282.1	66.7
SF-107A-5	256	1.029	0.225	47.1	26.7	315.6	3	219.6	63.1
SF-107B-1	263	1.031	0.509	341.7	2.9	73.9	37.4	247.9	52.5
SF-107B-2	281	1.028	0.776	17.0	17.1	116.3	27.6	259.2	56.7
SF-107B-3	276	1.034	0.751	79.2	36.9	348.6	0.9	257.4	53.1
SF-107B-4	280	1.031	0.719	358.6	15.3	99.8	35.2	249.1	50.7

SF-108A-2	273	1.042	0.624	3.7	20.7	114	42.6	255.1	40.3
SF-108A-3	301	1.043	0.720	23.3	33.1	135	29.6	256.5	42.6
SF-108A-4	241	1.046	0.752	23.2	17.1	125.8	35.2	271.9	49.6
SF-108B-1	251	1.057	0.672	16.1	17.8	123.5	43	269.6	41.6
SF-108B-2	264	1.058	0.538	17.2	21.4	123.2	35.2	262.3	47
SF-108B-3	272	1.047	0.679	11.0	8.8	109.4	43.3	271.9	45.3
SF-108B-4	258	1.052	0.530	17.5	23.5	133.1	44.9	269.2	35.9
SF-108C-1	232	1.062	0.828	29.1	37.5	136.7	21.6	249.8	44.7
SF-108C-2	240	1.06	0.721	18.4	23.5	125.6	34.2	261.2	46.4
SF-108C-3	256	1.056	0.915	2.9	12.1	103	39.3	259	48.1
SF-108C-4	271	1.058	0.936	7.6	12.7	108.4	39.6	263.3	47.6
SF-109A-1	209	1.037	0.021	26.5	34.7	131.3	20.3	245.8	48.2
SF-109A-2	272	1.041	0.353	12.1	27.1	120.9	32.2	250.8	45.5
SF-109A-3	263	1.038	0.389	17.1	31.9	122.3	22.9	241.3	49
SF-109B-1	211	1.033	-0.025	44.5	35	143.9	13.2	251.3	51.9
SF-109B-2	226	1.036	0.197	31.7	33.7	131.4	14.1	240.7	52.7
SF-109B-3	237	1.03	-0.220	48.5	30.4	151.4	20.8	270.2	51.8
SF-109B-4	260	1.044	-0.017	22.8	33.3	123.1	15.2	233.8	52.5
SF-109B-5	205	1.032	-0.294	57.2	30.4	154.5	12.2	263.9	56.8
SF-109C-1	226	1.038	-0.041	17.5	32.2	132.3	33.7	255.9	39.7
SF-109C-2	307	1.062	0.327	44.8	30.6	148.6	22.1	268.5	50.8
SF-109C-3	193	1.024	0.236	26.7	33.4	132.3	22.2	249.4	48.1
SF-109C-4	206	1.03	0.348	18.2	22.6	123.6	32.6	260.1	48.6
SF-110B-1	229	1.054	0.482	160.2	27.5	261.8	21.2	24.2	54.1
SF-110B-1	219	1.058	0.248	13.4	12.8	107.6	17.9	249.8	67.7
SF-110B-3	237	1.052	0.508	10.7	13.7	105.6	19	247.1	66.2
SF-110B-4	177	1.044	0.261	153.8	24.4	255	23.2	23.1	55.2
SF-110B-5	212	1.051	0.766	30.5	18.9	124.4	11.2	243.4	67.8
SF-111B-1	254	1.028	0.054	319.9	17.4	61.8	33.2	206.8	51.4
SF-111A-1	250	1.029	0.039	337.3	17.6	79.4	33.5	224.2	51
SF-111A-2	252	1.036	0.010	332.2	19.3	72.6	27.2	211.4	55.6
SF-111A-3	259	1.032	-0.167	341.3	21.5	85.3	31.5	222.9	50.3
SF-111A-4	256	1.032	0.018	341.0	13.5	77.8	26.5	226.7	59.8
SF-111B-1	263	1.037	0.336	343.3	21.3	84.1	25.6	218.6	55.6
SF-111B-2	252	1.031	0.191	334.7	10	69	23.1	222.9	64.6
SF-111B-3	269	1.033	-0.094	328.7	14.9	65.8	24.9	210.9	60.4
SF-111B-4	259	1.034	-0.014	339.0	19.9	83.6	35	225.1	48.2
SF-111C-1	277	1.042	0.526	344.0	21.7	81.6	18.3	208.2	60.9
SF-111C-2	265	1.052	0.325	344.2	28.1	81.9	14	195.5	58
SF-111C-3	281	1.043	0.284	342.8	20.4	83.7	26.9	220.5	55.2
SF-111C-4	283	1.039	-0.083	347.1	24.4	79.5	5.2	180.7	65
SF-111C-5	220	1.034	-0.173	306.6	20.4	55.5	41.1	197	41.9
SF-112A-1	309	1.054	0.735	358.7	18	91.9	9.8	209.2	69.3
SF-112A-2	309	1.053	0.761	13.4	16	106.6	11.2	230.2	70.3
SF-112A-3	278	1.052	0.656	348.7	15.4	81.6	10.4	204.5	71.3
SF-112A-4	291	1.055	0.668	354.3	19.4	88.8	12.6	209.8	66.6
SF-112B-1	304	1.066	0.424	13.5	7.7	104.8	9.1	243.6	78
SF-112B-2	291	1.068	0.517	3.7	3	273.6	2.1	148.7	86.4
SF-112B-3	289	1.072	0.477	187.8	0.9	277.9	2.6	79.6	87.3
SF-112B-4	314	1.071	0.464	9.8	5.1	279.7	0.9	179.2	84.8
SF-113A-5	311	1.035	0.437	47.4	42	148.8	12.3	251.6	45.4
SF-113A-2	262	1.031	0.501	31.2	41.1	152.9	31.1	266.2	33.3
SF-113A-3	303	1.033	0.544	6.5	34.4	129.7	38.6	250.5	32.7
SF-113A-4	277	1.033	0.635	36.4	46.8	142.8	14.8	245.4	39.4
SF-113A-5	290	1.024	0.162	38.0	52.3	144.1	12.1	242.8	35
SF-113B-1	285	1.034	0.346	37.7	39.9	137.3	11.3	240	47.9
SF-113B-2	303	1.042	0.393	16.0	35.6	118.6	16.9	229.4	49.4
SF-113B-3	298	1.046	0.749	5.3	25.7	110.9	29.2	241.3	49.2
SF-113B-4	284	1.033	0.889	351.5	28.6	106.6	37.8	235.4	38.9
SF-113B-5	265	1.042	0.690	10.0	38.6	120.2	23.4	233.4	42.4
SF-114A-1	295	1.057	0.824	32.0	12.2	124.1	9.8	251.9	74.2

SF-114A-2	271	1.05	0.727	1.9	5.2	93.5	17.6	256	71.6
SF-114A-4	269	1.058	0.848	340.7	2.2	71.4	18.4	244.1	71.5
SF-114A-5	236	1.065	0.790	355.7	10.7	89.8	20.8	240.1	66.4
SF-114B-1	230	1.088	0.873	345.1	1.3	75.6	21.8	251.9	68.2
SF-114B-2	266	1.068	0.777	4.0	13.3	101.4	28.5	251.8	58.1
SF-114A-3	290	1.071	0.710	1.1	12	96.8	25.1	247.9	61.8
SF-114B-4	267	1.077	0.759	3.3	11.9	99	25.1	250	61.9
SF-114C-4	269	1.066	0.779	12.5	13.3	109.1	26	257.9	60.3
SF-114C-1	247	1.07	0.718	343.2	2.6	74.2	20.4	246.2	69.5
SF-114C-2	290	1.062	0.730	339.0	0.8	69.4	25.6	247.5	64.4
SF-114C-3	320	1.059	0.469	337.3	1.2	67.7	19.8	243.8	70.2
SF-114C-4	252	1.069	0.721	6.1	8.4	99.6	22.4	256.9	66
SF-115A-1	262	1.045	0.750	348.5	11	83.4	23.7	235.3	63.6
SF-115A-2	272	1.052	0.778	335.6	13.7	73.3	28.6	223	57.7
SF-115A-3	287	1.054	0.665	5.3	22.6	102.3	16.1	224.7	61.7
SF-115A-4	261	1.05	0.843	351.2	18.2	90	24.8	228.9	58.4
SF-115B-2	259	1.042	0.711	347.3	4.1	78.6	17.2	244.5	72.3
SF-115B-3	264	1.051	0.519	352.2	10.4	85.3	16.3	231	70.5
SF-115B-4	260	1.047	0.536	350.3	11.6	86.3	26.9	239.2	60.3
SF-115B-5	223	1.044	0.605	344.9	19	81.6	18.7	212.9	62.8
SF-115B-1	257	1.039	0.736	334.2	6.6	65.8	12.9	217.7	75.4
SF-116A-3	237	1.044	0.215	318.5	27.7	57	15.7	173.1	57.4
SF-116A-4	239	1.048	0.428	335.4	33.8	80	20.6	195.4	48.8
SF-116B-1	265	1.017	-0.230	304.2	7	38.8	33.5	203.9	55.6
SF-116B-2	287	1.021	-0.178	320.3	12.9	56.7	26	206.3	60.6
SF-116B-3	283	1.02	-0.045	358.4	20.9	94.6	15.9	219.1	63.3
SF-116B-4	305	1.029	0.236	5.8	22	273.1	6.6	167.4	66.9
SF-116C-1	300	1.033	-0.066	337.0	25.3	76.2	18.6	198.4	57.7
SF-116C-2	305	1.03	0.146	335.2	20.7	76	26.2	211.8	55.5
SF-116C-3	337	1.037	0.557	333.1	25	73.1	20.4	197.8	56.8
SF-116C-4	268	1.034	0.282	324.9	19.2	63.9	24.2	200.6	58.2
SF-116C-5	244	1.035	0.781	134.4	0.5	44.1	24.2	225.4	65.8
SF-117C-1	376	1.061	0.617	236.2	22.3	334.9	20.3	103	59.1
SF-117C-2	375	1.069	0.530	227.8	9.5	322.6	26.3	119.6	61.8
SF-117C-3	375	1.069	0.660	229.1	18.5	329.4	28.2	110.3	55.3
SF-117C-4	355	1.066	0.543	229	13.1	326.1	28	116.6	58.5
SF-117C-5	367	1.078	0.713	231.3	8.5	325.7	27.1	125.5	61.4
SF-118A-1	258	1.048	-0.169	16.7	32.3	281.2	8.6	178.1	56.3
SF-118A-2	262	1.059	0.074	4.1	25.9	273.6	1.1	181.3	64
SF-118A-2	257	1.041	0.509	47.0	22.1	308.2	20.6	179.5	59
SF-118A-4	313	1.052	0.693	48.8	23.1	313.3	12.6	196.8	63.4
SF-118B-1	243	1.045	0.611	314.1	22.7	58.5	30.8	194	50.1
SF-118B-3	250	1.053	0.429	332.7	32.6	74.7	18	188.9	51.7
SF-118B-4	277	1.059	0.586	357.7	30.4	91.7	6.8	193	58.7
SF-118B-5	265	1.053	0.566	12.8	39.3	103.7	1.1	195	50.7
SF-118C-1	581	1.013	0.861	44.7	65.3	272.9	17	177.4	17.3
SF-118C-2	535	1.015	0.375	105.4	24.3	343.4	49.6	210.6	30.1
SF-118C-3	551	1.014	-0.061	110.6	33.2	295.8	56.7	202.1	2.4
SF-118C-4	548	1.017	-0.072	107.1	32.5	300.5	56.8	201	6.1
SF-118C-5	415	1.012	0.004	103.3	47.6	272.9	42	7.6	5.2
SF-118D-1	507	1.016	0.499	77.3	12.3	332.8	49	177.2	38.4
SF-118D-2	520	1.015	0.430	258.6	4.8	356.5	58.4	165.6	31.1
SF-118D-3	499	1.018	0.652	65.0	52.9	314.6	14.8	214.6	33.1
SF-118D-4	482	1.015	0.398	269.8	10.8	17.8	58.3	173.6	29.4
SF-118D-5	476	1.017	0.696	71.6	43.8	292.1	38.4	183.9	21.5
SF-119A-1	497	1.037	-0.002	350.5	9.2	81.2	4.3	195.9	79.8
SF-119A-2	468	1.028	0.061	347.8	9.7	78	1.2	174.9	80.3
SF-119A-3	453	1.037	0.085	173.2	8.1	82.1	7.2	311	79.2
SF-119A-4	455	1.036	0.330	338.7	7.9	248	5	125.8	80.6
SF-119A-5	462	1.031	-0.063	104.1	6.9	8.2	40.4	202.1	48.7
SF-119B-1	465	1.031	0.179	342.3	9.6	73.6	7.7	201.8	77.7



SF-119B-2	486	1.033	0.073	341.1	13.4	72.8	6.8	188.9	74.9
SF-119B-3	461	1.032	0.135	342.0	10.3	73.8	10.1	207.5	75.5
SF-119B-4	475	1.035	0.169	333.3	12.2	64.4	5.2	176.9	76.7
SF-119C-1	426	1.031	-0.069	284.1	3.3	15.6	23.7	186.7	66.1
SF-119C-2	447	1.032	-0.358	283.1	4.8	15.2	24.2	182.6	65.3
SF-119C-3	467	1.03	-0.041	288.3	6.4	20.7	20.6	181.9	68.4
SF-119C-4	463	1.027	-0.121	285.8	12.8	22.5	27.2	173.1	59.4
SF-119C-5	461	1.039	0.180	22.6	8	292.5	0.4	199.9	82
SF-120A-1	253	1.057	0.666	24.5	22.1	120.5	14.5	241.1	63.2
SF-120A-2	283	1.066	0.848	41.4	23.5	134.4	6.8	239.5	65.4
SF-120A-3	237	1.062	0.743	23.4	24.9	120.7	15.4	239.4	60.1
SF-120A-4	258	1.056	0.649	31.9	23.1	126.4	10.6	239.3	64.3
SF-120A-5	263	1.059	0.606	50.4	23	144.5	9.6	255.6	64.8
SF-120B-1	272	1.055	0.457	26.2	23.9	120.3	9.2	229.9	64.2
SF-120B-2	303	1.055	0.431	26.0	27.6	122.2	11.8	233.1	59.6
SF-120B-3	277	1.064	0.498	30.7	25.9	125.7	10.2	235.3	61.9
SF-120B-4	269	1.061	0.536	9.5	24	105.4	13	221.6	62.3
SF-120B-5	205	1.061	0.692	31.9	18.4	126	12.2	247.8	67.7
SF-121A-1	298	1.084	0.640	20.3	27	116.1	11.2	226.5	60.4
SF-121A-2	311	1.073	0.506	16.6	21.9	110.2	8.8	220.8	66.2
SF-121A-3	298	1.07	0.532	344.1	2	74.4	8.1	240.5	81.6
SF-121B-1	309	1.06	0.396	149.1	19.4	58.8	0.8	326.5	70.5
SF-121B-2	294	1.065	0.287	157.1	21.6	65	5.1	322.4	67.7
SF-121B-3	322	1.068	0.510	147.6	25.3	56.8	1.7	323.2	64.6
SF-121B-4	328	1.07	0.357	146.7	22.6	237.4	1.7	331.5	67.3
SF-121B-5	269	1.064	0.575	152.0	22.1	243.4	3.3	341.4	67.7
SF-121C-1	275	1.059	0.413	7.6	29.8	108.5	18.2	225.5	54.1
SF-121C-2	298	1.065	0.323	2.6	20.6	101.4	22.2	234.1	58.9
SF-121C-3	238	1.07	0.889	26.3	34.7	127.4	15.5	237.4	51.1

## منابع فارسی

- آقاناتی س. ع. (۱۳۸۳) "زمین‌شناسی ایران" انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران. ص ۵۸۶.
- ابراهیمی م، (۱۳۷۰)، پایان‌نامه ارشد: "زمین‌شناسی و پترولوژی سنگ‌های آذرین شمال گلپایگان (منطقه مرو چشمه سفید)"، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.
- اثنی عشری ا، (۱۳۹۰)، رساله دکتری: "پترولوژی و ژئوشیمی گرانیتوئیدهای شمال و شمال غرب الیگودرز"، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.
- احدنژاد و، (۱۳۸۹)، رساله دکتری: "با استفاده از روش AMS خود مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی ملایر"، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.
- احمدی خلجی ا، (۱۳۷۸)، پایان‌نامه ارشد: "بررسی پترولوژی و پتروفابریک توده‌های نفوذی و دگرگونی مجاورتی منطقه بروجرد"، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.
- اسماعیلی د، (۱۳۸۶)، "مدل ژئودینامیکی جایگیری توده گرانیتوئیدی شاهکوه (شرق ایران) (با استفاده از تکنیک انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی (AMS))"، دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس.
- باغبانی ش، صادقیان م، شیبی م، شکاری س، (۱۳۸۹)، "پترولوژی و ژئوشیمی توده‌های گرانیتوئیدی ازنا- الیگودرز (گرانیت‌زایی به واسطه جایگزینی ماگماهای بازیک - حدواسط)"، بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، صفحه ۱۵۳.
- باقری ن، (۱۳۸۰)، پایان‌نامه ارشد: "مطالعه پترولوژی، ژئوشیمی و خاکهای کمیاب در توده‌های گرانیتوئیدی شمال، شمال شرق و شمال غرب الیگودرز با تأکید بر روی انکلاو توده‌ها"، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان.

باقریان س، درویشی ا، مؤذن م، خاکزاد ا، (۱۳۸۴)، "بررسی توان کانی سازی توده گرانیتی ملاطالب، با استفاده از ویژگی‌های ژئوشیمیایی" فصلنامه علمی- پژوهشی علوم زمین، شماره ۵۷، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، صفحات ۱۵۸-۱۶۵.

باقریان س، خاکزاد ا، (۱۳۸۰)، "خاستگاه سنگ شناختی توده گرانیتوئیدی منطقه ملاطالب (شمال الیگودرز)"، فصلنامه علوم زمین، شماره ۴۱-۴۲.

بدلو س، صادقیان م، شیبی م، رضانی ر، شکاری س، (۱۳۸۹)، "بررسی انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی و ترکیب سنگ‌شناسی در توده گرانیتوئیدی گل زرد"، بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور، صفحه ۲۵.

داودیان دهکردی ع.ر، (۱۳۸۴)، رساله دکتری: "تحول تکتونومتامورفیک و ماگماتیک ناحیه بین شهرکرد و داران (زون سنندج - سیرجان، ایران)"، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان.

درویشی ا، باقریان س، (۱۳۸۷)، معرفی سنگ‌های تزئینی و نما در منطقه الیگودرز، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی (۴)، ۱۶۲-۱۷۰.

رجائیه م، (۱۳۸۴)، پایان‌نامه ارشد: "پترولوژی و ژئوشیمی توده نفوذی ده نو(شمال شرق الیگودرز)"، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان.

رسولی ج، (۱۳۸۷) پایان‌نامه ارشد: "ناهمگنی خودپذیری مغناطیسی توده گرانیتوئیدی بروجرد"، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.

سهیلی م، جعفریان م، عبدالهی م. (۱۳۷۱) "نقشه زمین شناسی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ الیگودرز" سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران، تهران.

شبانیان بروجنی ن، (۱۳۸۸)، رساله دکتری: "پترولوژی و محیط تکتونیکی توده‌های گرانیتوئیدی منطقه ازنا (زون سنندج - سیرجان، ایران)"، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان

شریفی م، (۱۳۷۶)، "زمین شناسی و پترولوژی سنگ های دگرگونی و آذرین منطقه شمال شرق گلپایگان"، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان.

شکاری، س.، صادقیان، م. (۱۳۹۰) تعیین سازوکار جایگیری توده گرانیتوئیدی درّه باغ (شمال غرب الیگودرز) به روش AMS، نوزدهمین همایش بلورشناسی و کانی شناسی ایران، دانشگاه گلستان (گرگان) صفحه ۱۶۲.

شیبی م، (۱۳۸۸)، رساله دکتری: "پترولوژی، ژئوشیمی و سازوکار جایگیری باتولیت گرانیتوئیدی شیرکوه (جنوب غرب یزد)"، دانشکده زمین شناسی، پردیس علوم، تهران.

صادقیان م، (۱۳۸۶)، "ساز و کار جایگیری توده گرانیتوئیدی زاهدان در پرتو روش AMS" فصلنامه علمی- پژوهشی علوم زمین، شماره ۶۶، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، صفحات ۱۴۳-۱۵۹.

صادقیان، م. (۱۳۸۳)، رساله دکتری "ماگماتیسم، متالوژی و مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی زاهدان"، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تهران.

صادقیان م، ولی زاده م، (۱۳۸۳)، "مکانیسم جایگزینی بخش شمالی توده گرانیتوئیدی زاهدان"، مجموعه مقالات هشتمین انجمن زمین شناسی ایران.

صدیقی س، (۱۳۷۳)، پایان نامه ارشد: "مطالعه زمین شناسی و پترولوژی توده نفوذی شمال الیگودرز"، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، ص ۱۵۲.

طهماسبی ز، (۱۳۸۸)، پایان نامه ارشد "پترولوژی و ژئوشیمی گرانیت های منطقه آستانه" دانشکده علوم، دانشگاه لرستان.

عبداللهی ش، (۱۳۸۷)، پایان نامه ارشد: "پتروگرافی و ژئوشیمی توده نفوذی روستای ملاطالب پهنه سنندج - سیرجان شمال الیگودرز"، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان.

قاسمی ح، (۱۳۷۱)، پایان‌نامه ارشد: "پترولوژی و زمین‌شناسی سنگ‌های دگرگونی و آذرین توده بوئین - میاندشت (جنوب شرق الیگودرز)"، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.

قلمقاش ج، (۱۳۸۱)، رساله دکتری: "مطالعه توده‌های نفوذی منطقه اشنویه و بررسی ساز و کار جایگزینی آنها"، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.

گوانجی ن، (۱۳۸۹)، پایان‌نامه ارشد: "مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی جنوب ظفرقند (اردستان) را به وسیله روش AMS"، دانشکده علوم، دانشگاه صنعتی شاهرود.

مجله م، سهندی م.ر (۱۳۷۷)، "چند دگرشکلی و توالی چینه‌های کمپلکس ژان، پهنه دورود - ازنا، زون سنندج- سیرجان"، مجموعه مقالات هفدهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، صفحات ۱۵۲-۱۴۷.

مجله م، (۱۳۷۷) "مدل تکتونیکی برای جایگیری همزمان با کوهزایی گرانیت میلونیتی ازنا" دومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.

مجله م، (۱۳۸۴)، "تاثیر تکتونیک ترفشارشی (transpression) در فضا سازی برای نفوذ توده‌های گرانیتوئیدی پهنه سنندج-سیرجان (بخش شمال باختری)" نهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران، صفحات ۴۶۱-۴۷۲.

مردانی م، صادقیان م، شکاری س، بدلو س، (۱۳۸۹)، "بررسی تغییرات انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی در توده گرانیتوئیدی ازنا"، بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور، صفحه ۱۶۴.

میرزایی س، (۱۳۸۹)، پایان‌نامه ارشد: "مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی شمال گلپایگان به وسیله روش AMS"، علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی.

وکیلی ف، (۱۳۸۲)، پایان‌نامه ارشد: "بررسی انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی در توده گرانیتی شاهکوه"، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.

## Reference

- Borradaile G. Mothersill J. Tarling, D. Alford C. (1985/86) "Sources of magnetic susceptibility in a slate", *Earth and Planetary Science Letters*, 76: **336-340**.
- Borradaile G.J. Werner T. (1994) "Magnetic anisotropy of some phyllosilicates", *Tectonophysics* 235, **223-248**.
- Bouchez J.L. (1997) "Granite is never isotropic: An introduction to AMS studies in granitic rocks, In Bouchez J.L. , Hutton D.H.W. and Stephens W.E. (eds), *Granite: from segregation of melt to emplacement fabrics*", Kluver, Dordrecht, pp.**95-112**.
- Bouchez J.L. (1997) "Magnetic susceptibility anisotropy and fabrics in granites", *Earth and Planetary Science Letters*, 330, **1-14**.
- Bouchez J.L. (2000) "Anisotropie de susceptibilit\_ emagn\_ etique et fabrique des granites", *C.R. Acad. Sci. Paris* 330, **1-14**.
- Bouchez J.L. Delas C. Gleizes G. Nedelec A. Cuney M. (1992) "Submagmatic microfracture in granite", *geology* 20, **35-38**.
- Bouchez J.L. Hutton D.H.W. Stephens W.E. (1997) "Granite: from segregation of melt to emplacement fabrics", Kluver, pp **358**.
- Butler R.F., (1999), "Paleomagnetism: magnetic domains to geologic terranes", **238** p. ([www.geo.arizona.edu/Paleomag/book/main.htm](http://www.geo.arizona.edu/Paleomag/book/main.htm). originally published by Blackwell Scientific Publications, 1992).
- Castro A. (1986) "Structural pattern ascent model in the CentralExtremadura batholith, Hercynian belt, Spain", *Journal of Structural Geology* 8, **633-645**.
- Chappell B.W. White A.J.R. (2001), "Two contrasting granite types, 25 years later, Australian", *J. of Earth Sciences*, vol 48, pp. **489-499**.
- Collins L. G. (1988) "Hydrothermal differentation, Theopharastus publicatios", S.A. Athens.**382**
- Esmaily D. Bouchez J.L. Siqueira R. (2007) "Magnetic fabrics and microstructures of the Jurassic Shah-Kuh granite pluton (Lut Block, Eastern Iran) and geodynamic inference", *Tectonophysics* 439, **149 -170**.
- Esna-Ashari A. Hassanzadeh J. Valizadeh M.V. (2011) "Geochemistry of microgranular enclaves in Aligoodarz Jurassic arc pluton, western Iran: implications for enclave generation by rapid crystallization of cogenetic granitoid magma", *Miner Petrol* 101:**195-216**.
- Esna-Ashari A. Tiepolo M. Valizadeh M.V. Hassanzadeh J. Sepahi A.A. (2011) "Geochemistry and zircon U-Pb geochronology of Aligoodarz granitoid complex Sanandaj-Sirjan Zone, Iran", *Journal of Asian Earth Sciences* 43.**11-2**.
- Esna-Ashari A. Valizadeh M.V. Sepahi A. Soltan A.A. (2011) "Petrology and geochemistry of Aligoodarz granitoid, Western Iran: implications for petrogenetic relation with Boroujerd and Dehno granitoids", *JGeope* 1 (2), p **67-86**.
- Falcon N.L. (1961) "Major earth-flexuring in the Zagros Mountain of southwest Iran" *O. J. Geol. Soc. Lond.* V 117: **367-376**.

- Fuller M.D. (1960) "Anisotropy of susceptibility and the natural remanent magnetization of some Welsh slates", *Nature*, 186, **791-792**.
- Ghalamghash J. Bouchez J.L. Vosoughi-Abedini M. Nédélec A. (2009) "The Urumieh Plutonic Complex (NW Iran): Record of the geodynamic evolution of the Sanandaj–Sirjan zone during Cretaceous times – Part II: Magnetic fabrics and plate tectonic reconstruction", *Journal of Asian Earth Sciences* 36, **303–317**.
- Ghasemi A. Talbot C.J. (2006) "A new tectonic scenario for the Sanandaj–Sirjan Zone (Iran)", *Journal of Asian Earth Sciences* 26: **683-693**.
- Graham J.W. (1954) "Magnetic susceptibility anisotropy, an unexploited petrofabric element", *Bulletin of the Geological Society of America*, 65, **1257-1258**.
- Graham J.W. (1966) "Significance of magnetic anisotropy in Appalachian sedimentary rocks", In: STEINHART, J. S. & SMITH, T. J. (Eds) *The Earth beneath the Continents*. American Geophysical Union, Geophysical Monograph Series, Washington, **627-648**.
- Hargraves R.B. Fischer A.G. (1959) "Remanent magnetism in Jurassic red limestones and radiolarites from the Alps", *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 2: **34-41**.
- Hernandez F.M., (2002), **Phd. Thesis, "Determination of fundamental magnetic anisotropy parameters in rock-forming minerals and their contributions to the magnetic fabric of rocks", Lic. Physics, Universidad Complutense de Madrid, Spain.**
- Hernandez F.M. Hirt A.M. (2004) "A method for the separation of paramagnetic, ferromagnetic and haematite magnetic subfabrics using high-field torque magnetometry", *Geophys. J. Int.* 157, **117-127**
- Hibbard M.J. (1987) "Deformation of incompletely crystallized magma system, granite gneisses and their tectonic implications", *J. of Geol* 95, pp.**543-561**.
- Higgins D.M. (2006) "Quantitative textural measurements in igneous and metamorphic petrology", Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York.
- Hirt A.M. Julivert M. Soldevila J. (2000) "Magnetic fabric and deformation in Hounsflow M.W. (1985) "Magnetic fabric arising from paramagnetic phyllosilicate minerals in mudrocks", *J. Geol. Soc. London*, 142: **995–1006**.
- Hrouda F. Kahan S. (1991), "The magnetic fabric relationship between sedimentary and basement nappes in the high Tatra Mountains", *Slovakia, J. of Struct, Geol*, 13, pp.**431-42**.
- Ishihara S. (1997) "The magnetite-series and ilmenite-series granitic rock", *Mining Geology*, 27, pp.**293-305**.
- Jelink V. (1981) "Characterisation of the magnetic fabrics of rocks", *Tectonophysics* 79, pp.**7-63**.
- Kretz R. (1994) "metamorphic crystallization", **John Wiley and Sons Ltd, pp507**.
- Kim Y.S. Peacock D.C.P. Sanderson J. (2004) "Fault damage zones", *Journal of Structural Geology* 26. **503–517**
- Lanza R. Meloni A. (2006), "The earth magnetism: An Introduction for geologists", Springer.
- Lowrie W. (1997) "Fundamentals of Geophysics", Cambridge Univ. Press, Cambridge. Jiles, D., 1991. *Introduction to Magnetism and Magnetic Materials*. Chapman and Hall, London.

- Lüneburg C.M. Lampert S.A. Lebit H.K. Hirt A.M. Casey M. Lowrie W. (1999) “Magnetic anisotropy, rock fabrics and finite strain in deformed sediments of SW Sardinia (Italy)”. *Tectonophysics*, 307: **51-74**.
- McBirney A.R. Murase T. (1984), “Rheological properties of magmas”, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, V.12, pp.**337-357**.
- Miyashiro A. (1973) “**metamorphism and metamorphic belts**”, Georg Allen and Unwin, London. P **492**.
- Mohajjel M. Fergusson C.L. Sahandi M.R. (2003) Cretaceous–Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj–Sirjan Zone, western Iran. *Journal of Asian Earth Sciences* 21 **397–412**.
- Mohajjel M. Fergusson C.L. (2000) “Dextral transpression in Late Cretaceous continental collision, Sanandaj–Sirjan Zone western Iran”. *Journal of structural geology*, 22, **1125-1139**.
- Nedelec A. Bouchez J.L. (2011) “petrologie des granites”, Societe geologique de France.
- Nguema T. M. M. Trindade R.I.F. Bouchez J.L. Launeau P. (2002) “Selective thermal enhancement of magnetic fabrics from the Carnmenellis granite (British Cornwall)” *Physics and Chemistry of the Earth* 27, 1281–1287.
- Passarelli C. Basei M. Siga Jr O. Reath I.M. Neto M. (2010) “Deformation and geochronology of syntectonic granitoids emplaced in the Major Gercino Shear Zone, southeastern South America”, *Gondwana Research* 17: **688-703**.
- Passarelli C.R. Basei M.A.S. Wemmer K. Siga Jr O. Oyhantcabal P. (2010) Major shear zones of southern Brazil and Uruguay: escape tectonics in the eastern border of Rio de La plata and Paranapanema cratons during the Western Gondwana amalgamation. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*: **391-414**.
- Paterson S.R. Vernon R.H. Toshiba O.T. (1989) “A review for the identification of magmatic and tectonic foliations in granitoids”, *J. of Structural Geology* II(3), pp. **349-363**.
- Pilgrim G.E. (1908) “the geology of the Persian Gulf and adjoining portions of Persian and Arabia”, *Geol. surv. Of India memoir* V. 24. Pt: **1-177**.
- Rajaieh M. Khalili M. Richards I. (2010) “the significance of mafic microgranular enclaves in the petrogenesis of the Dehno Complex, Sanandaj–Sirjan belt, Iran”, *Journal of Asian Earth Sciences* 39: **24-36**.
- Rees A.I. (1961) “The effect of water currents on the magnetic remanence and anisotropy of susceptibility of some sediment”, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 5, **235-251**.
- Robinson E. Coruh C. (1988) “Basic exploration geophysics”, John Wiley and Sons, pp.**562**.
- Sadeghian M. Bouchez J.L. Nedelec A. Siqueir R. Valizadeh M.V. (2005) “The granite pluton of Zahedan (SE Iran): a petrological and magnetic fabric study of a syntectonic sill emplaced in a transtensional setting”, *J. of Asian Earth Sciences* 25, pp.**301-327**.
- Saint- Blanquat (de) M. Tikoff B. (1997) “Development of magmatic to solid-state fabrics during syntectonic emplacement of the Mono Creek Granite Sierra Nevada batholiths”,



- In: Bouchez J.L., Hutton D.H.W. and Stefens W.E. (Eds.), Granite from segregation of melt to emplacement fabrics, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, pp.231-252.
- Sant'Ovaia H. Olivier B.P. Ferreirac N. Noronha a.F. Leblanc D. (2010) "Magmatic structures and kinematics emplacement of the Variscan granites from central Portugal (Serra da Estrela and Castro Daire areas)", J. of Structural Geology 32. **1450-1465**.
- Sepahi A. Athari S.F. (2006) "A study of granite typology in Sanandaj-Sirjan zone, Zagros Orogen, Iran", 2006 Goldschmidt Conference: **A570**.
- Stagey F.D. (1960) "Magnetic anisotropy of igneous rock", Journal of Geophysical Research, 65, **2429-2442**.
- Stocklin J. (1968) "Structural history and tectonics of Iran; a review", American Association of Petroleum Geologists Bulletin: **1229-1258**.
- Tahmasbi Z. Castro A. Khalili M. Ahmadi Khalahi A. Rosa J. (2010) "Petrologic and geochemical constraints on the origin of Astaneh pluton, Zagros orogenic belt", Iran. Journal of Asian Earth Sciences 39: **81-96**.
- Takahashi M, Aramaki S. Ishihara S. (1980) "Magnetite series/ Ilmenite series vs.I type/ S type granitoids", Mining geology special issue, no.8, pp.**13-28**.
- Takin M. (1972) "Iranian geology and continental drift in the Middle East", Nature, 235: **147-150**.
- Tarling D.H. Hrouda F. (1993), "The magnetic Anisotropy of rocks", Chapman & Hall, London. pp.**217**.
- Thiele O. Alavi M. Assesi R. Hushmand-zadeh A. Seyed-Emami K and Zahedi M. (1964), map of 1:250000 Golpayegan geology, Ministry of economy Geological survey of Iran.
- Vernon R.H. (2004) "a practical guide to rock microstructure. Cambridge university press". 594.
- Vernon R.H. Pateson S.R. (2008) "How late are K-feldspar megacrysts in granites?", Lithos 104: **327-336**.
- Yardley W.D. (1989) "an introduction to metamorphic petrology", Longman scientific and Technical, P **248**.

## Abstract

Darreh-Bagh granitoidic pluton is located in the 10 km of NW Aligudarz and is intruded in low to moderate grade metamorphic rocks of early Jurassic with compositional range of slate, phyllite and schist. Based on the field and petrographical studies, Darreh Bagh granitoidic pluton includes lithological composition range from granodiorite, granite to leucogranite, aplite and tourmaline bearing pegmatites. Granodiorites are the main component of this pluton. Granites are cut granitoids as apophyse and dike and those are younger than granodiorites. Based on the mentioned evidences, granodioritic magma are differentiated and then evolved to granitic magma and in the later stage they are evolved to silica rich magmas and rich in B (Boron) and finally resulted in to formation of tourmaline bearing leucogranites to rich of tourmaline. Tourmaline bearing pegmatites formed in the final stages of Darreh Bagh granitoidic pluton differentiation. Silica veins resulted of intensively fractional crystallization of granitic magmas. Wide range of lithological composition show that has been took placed extensive fractional crystallization in Darreh Bagh granitoidic pluton. For the first time, emplacement mechanism of the mentioned pluton, investigated by anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) method.

Based on the geochemical characteristics of Darreh Bagh granitoidic pluton has peraluminous and calc-alkaline nature and is belong to S and CAG type granitoids. We took 325 cores and 1200 samples from 121 stations. Magnetic parameters of these samples have been measured in the magnetic lab of Shahrood University of Technology by MFK1-FA kappabridge machine. The resulted data indicate that mean magnetic susceptibility in  $\mu\text{SI}$  are as follows: granodiorites (285), leucogranites (47), migmatites (434), and surmicaceous enclaves (389). Based on these values, Darreh Bagh granitoidic pluton is a paramagnetic granitoids ( $500 > k_m > 0$  in  $\mu\text{SI}$ ) (equal to S-type). This characteristic confirmed by the presence of ilmenite in thin-polished sections and thermal magnetic diagrams. Magnetic foliations mainly show N33E/28 NW trend which this is accommodate with big structures such as big faults and axial planes of folds. The percentage of anisotropy (P %) values vary from 2 to 10 and show positive correlation with degree of deformation. Shape parameter (T) values vary from -0.58 to 0.78 and then most of magnetic ellipsoids are oblate. The percentage of magnetic anisotropy (P) and shape parameter (T) values increased from west to east and this conclusion accommodate with increasing of deformation in this direction.

Based on the magnetic parameters and their interpretations it is possible to divide DGP to A and B domains and A1, A2 subdomains. In these subdomains magnetic lineations oriented to the north. In the middle part of this pluton (B domain) magnetic lineations dominantly oriented to the east and southeast. Based on distribution patterns of magnetic lineation these to domains emplaced with short delay compared to each other's. Meanwhile, emplacement of A domain was precursor to B domain. Whit attention to distribution patterns of magnetic lineation and foliations, principles of interpretation of magnetic parameters and regional geological characteristics, was emplaced in form of one relatively large sill in a dextral shear zone (in relation to a transpression regime).

Keywords: AMS method; mean magnetic susceptibility; Magnetic lineations and foliation; transpression regime; Darreh-Bagh.



Shahrood University of Technology  
Faculty of Earth Science

**Investigation of the emplacement mechanism of Darreh Bagh granitoidic pluton  
(NW Aligudarz) by using anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) method**

Sakineh Shekari

Supervisor:

Dr. Mahmoud Sadeghian

Advisor:

Dr. Ramazan Ramazani Oomali

Dr. Maryam Sheibi

Jan 2012