

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده: علوم زمین

گروه: زمین شناسی - پترولوژی

بررسی ساز و کار توزیع مذاب در دایک‌های مافیک قطع کننده مجموعه دگرگونی -
آذرین دلبر (شرق بیارجمند) به وسیله روش AMS و تعیین موقعیت دیرینه
مغناطیس آنها

محسن چکنی مقدم

استاد راهنما:

دکتر حبیب علیمحمدیان

دکتر محمود صادقیان

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

(شهریور ۱۳۹۱)

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : علوم زمین

گروه : پترولوژی و زمین‌شناسی اقتصادی

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای محسن چکنی مقدم

تحت عنوان: "بررسی ساز و کار توزیع مذاب در دایک‌های مافیک قطع کننده مجموعه دگرگونی-آذرین دلبی، بیارجمند توسط روش AMS و تعیین موقعیت دیرینه مغناطیس آنها

در تاریخ 1391/6/20 توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه

(مورد پذیرش قرار گرفت.)

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر محمود صادقیان			
نام و نام خانوادگی : دکتر حبیب علیمحمدیان			
اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر مریم شیبی		دکتر	
نام و نام خانوادگی : دکتر مهدی رضایی		عزیزالله طاهری	

تقدیم به همسر مهربانم مہناز حکمت شعار

کہ یارو و یاور لحظات تلخ و شیرین من بوندہ است و خواہد بود . .
.

تقدیم به پدر و مادر و برادران عزیزم

و

تقدیم به دو عموی فداکارم

علیرضا و موسی الرضا چکنی مقدم.

تقدیر و تشکر:

ای نام تو بهترین سرآغاز
بی نام تو نامه کی کنم باز

حمد و سپاس در حله اول از آن خدایی است که توفیق کسب علم و دانش اندوزی را به این جانب عطا کرده است.

بنابه عادت ظاهر اصفحه تقدیر و تشکر اغلب پایان نامه را تبدیل به صفحه ای شده است که بهتر است نام آن را صفحه ریا و تعلق بگذارم نه صفحه تقدیر و تشکر! می خواهم سنت شکنی کنم و برخلاف آنچه متداول است فقط از آلهایی بگویم که واقعا شایسته تقدیر و سپاسگزاری هستند و نه غیر... .

تجربه کاری با استاد صادقان و استاد علیمحمدیان به من آموخت که در زندگی کاری و درسی خالص بودن و صادق بودن مهمترین ارزشی است که از کسب علم حاصل می شود. طی این ۱۵ ماه گذراندن پایان نامه تمام تقدیر و تشکر را بنابر استاد راهنمای خویش می کنم که بی شک سزاوار آنند.

تخت از استاد والای خودم دکتر صادقان استاد راهنمای فداکارم تشکر می کنم چون واقعا در راه به ثمر نشستن پایان نامه من بسیار سختی و مشقت تحمل کردند. دکتر صادقان تنها استاد پترو لوژی من بودند بلکه کسی بود که در طی این مدت استاد معرفت و هدلی برای من بودند و در شرایط سخت و درماندگی نفراولی بودند که مریاری می کردند.

دوم استاد اخلاق خویش دکتر علیمحمدیان را مورد سپاس قرار می دهم چرا که در مدت ۴ ماه حضورم در سازمان زمین شناسی جز احترام و یاری چیزی ندیدم. ایشان از جمله کسانی هستند که در جایگاه واقعی علمی خویش قرار ندارند و کسی قدر زحمات و فداکاری های علمی ایشان را نمی داند، البته در دنیای امروز همیشه انسانهای بزرگ جایگاههای کوچک را گرفته اند و انسانهای کوچک جایگاههای بزرگ!!!

قبولی در مقطع دکتری تخصصی ترولوژی خود را بی شک مهربون دکتر صادقان و دکتر علی محمدیان، بسم و امیدوارم نماینده شایسته ای از دانشگاه صنعتی شاهرود و سازمان زمین شناسی کشور جهت ادامه تحصیل در مقطع دکتری در دانشگاه لرستان باشم.

و اما در آخر.....

در آخر از کسانی می گویم و تشکر می کنم که نه استاد بودند و نه دکتر و نه...!!

بلکه انسان بودند و دکتری انسانیت و معرفت داشتند و بی ریا و صداقت لطف بی دریغ کردند آنها کسانی نبودند جز مهندس جعفر صبوری، محسن حمیدی، سکنه شکاری و مریم محمودی.

مهندس جعفر صبوری در طی مدت حضورم در سازمان زمین شناسی کشور لطف زیادی در حق من داشتند.

از دکتر مریم شبی و دکتر مهدی رضایی عزیز که به بنده کمک شایانی کردند و هم چنین زحمت داوری پایان نامه را عهده دار شدند پاسکزاری می کنم.

از برادر خانم های محترم خود که متوقان بهیشتی من در درس و محظات پرفراز و نشیب من بوده اند آقایان مهران و محمود حکمت شعار کمال تشکر و قدردانی را به جا می آورم.

هم چنین از حمایت ها و محبت های معا و نتحترم دانشجوی دانشگاه حکیم سبزواری جناب آقای دکتر حمید و حید که در راه پیشرفت این جانب همیشه آماده بوده اند نهایت قدردانی و امتنان را به جامی آورم.

خدا یا چنان کن سرانجام کار
تو خوشنود باشی و ما رستگار

با آرزوی موفقیت برای تمام زمین شناسان و پترولوژیست ها

محسن چکنی مقدم - شهریور ۱۳۹۱

تعهد نامه

اینجانب محسن چکنی مقدم دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی - پترولوژی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی سازوکار توزیع مذاب در دایکهای مافیک قطع‌کننده مجموعه دگرگونی آذرین دلبر ، بیارجمند توسط روش AMS و تعیین موقعیت دیرینه مغناطیس آنها، تحت راهنمایی دکتر محمود صادقیان و دکتر حبیب علیمحمدیان متعهد می‌شوم:

- 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 .

تاریخ : امضای دانشجو:

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

چکیده :

مجموعه آذرین - دگرگونی دلبر واقع در جنوب شرق شاهرود (شرق بیارجمند) به سن نئوپروتوزویک طیفی از سنگ‌های دگرگونی متشکل از میکاشیست، گارنت میکاشیست، گنیس، آمفیبولیت و مقداری متاسامیت را شامل می‌شود. این مجموعه توسط تعداد زیادی دایک دیابازی با روند غالب شمال شرق - جنوب غرب تا شرقی - غربی قطع شده‌اند. ضخامت دایک‌ها از چند سانتی‌متر تا 3 متر متغیر است. پلاژیوکلاز از نوع الیگوکلاز - آندزین - لابرادوریت و پیروکسن از نوع اوژیت سازندگان مهم این دایک‌ها هستند. با توجه به مشاهدات پتروگرافی و نتایج آنالیز شیمی این سنگ‌ها دارای ترکیب گابرویی می‌باشند ولی به واسطه ساخت و بافت آنها نام دیاباز برای آنها مناسب‌تر است. با توجه به بررسی‌های صحرایی جدید و قطع شدن توالی تخریبی متشکل از شیل، ماسه سنگ و کنگلومراها به سن ژوراسیک زیرین (معادل سازند شمشک) و از طرفی پوشیده شدن توالی مذکور توسط سنگ‌های آهکی و آهکی ماسه‌ای ژوراسیک زیرین و در برخی نقاط کرتاسه سن جایگزینی دایک‌ها در حد فاصل مرز زمانی اواخر ژوراسیک زیرین و قبل از ژوراسیک میانی می‌باشد. بر روی تعدادی از دایک‌ها در 14 ایستگاه نمونه‌هایی جهت تعیین چگونگی توزیع مذاب و تعیین موقعیت جغرافیایی دیرینه آنها به روش مغزه‌گیری نمونه برداری صورت گرفته است و در این راستا جمعاً 650 مغزه تهیه شد که در آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود و آزمایشگاه محیط دیرینه مغناطیس سازمان زمین شناسی کشور آزمایش‌های لازم بر روی آنها صورت پذیرفت.

بررسی مطالعات مغناطیسی اولیه نشان داد که مقدار قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی دایک‌ها بین 500 تا $31000 \mu\text{SI}$ متغیر بوده است اما میانگین پذیرفتاری مغناطیسی برای تمام نمونه‌ها $9500 \mu\text{SI}$ محاسبه شده است. نتایج بدست آمده معرف تغییر در فراوانی کانی‌های فرومغناطیس مثل مگنتیت و هماتیت از یکسو و تغییر مقادیر کانی‌های مافیک به ویژه پیروکسن در این سنگ‌ها می‌باشد و در واقع ارتباط مستقیم و معنی‌داری بین مقادیر خودپذیری میانگین و ترکیب سنگ‌شناسی دایک‌ها وجود دارد. خطواره‌های مغناطیسی و برگواره‌های مغناطیسی مبتنی بر تجزیه و تحلیل مقادیر برداری K_1 و K_2 و K_3 بیانگر آن است که اولاً توزیع ماگما می‌تواند از دایکی به دایک دیگر متفاوت باشد و دوماً ماگما می‌تواند در یک راستای نسبتاً افقی، در راستایی قائم و یا در حالتی حدواسط بین این دو جریان پیدا کند. میل خطواره‌های مغناطیسی از نزدیک به صفر تا 90 درجه در برخی نمونه‌ها متفاوت است. بررسی آزمایشات خطواره‌های مغناطیسی در مجموع نشان می‌دهد که روند کلی خطواره‌های مغناطیسی با امتداد کلی دایک‌ها هماهنگ و منطبق می‌باشد. بررسی مقادیر P (درصد آنیزوتروپی) و T (پارامتر شکل) نشان می‌دهد که اغلب بیضوی‌های مغناطیسی از نوع کلوچه‌ای شکل یا پهن هستند. این موضوع با ساختار بلوری پیروکسن (کوتاه و خپله) و هم بعد بودن دانه‌های ریز مگنتیت سازگار است و معرف تأثیر بارز شکل دانه‌ها در ایجاد فابریک‌های مغناطیسی می‌باشد.

بخش دیگری از مطالعات انجام شده در راستای تعیین موقعیت جغرافیایی دیرینه صورت گرفته است. جهت این کار نمونه‌های انتخاب شده در 4 مرحله مورد بررسی قرار گرفتند که عبارتند از:

1- تعیین پسماند مغناطیسی طبیعی که توسط دستگاه مغناطیس سنج اسپینر JR6-A انجام شد.

2- مغناطیس زدایی تحت میدان‌های متناوب با شدت متفاوت یا به اختصار AF.

3- مغناطیس زدایی حرارتی توسط دستگاه مغناطیس زدای حرارتی یا به اختصار MMTD.

4- شناسایی کانی‌های مسئول رفتارهای مغناطیسی به وسیله دستگاه CS-3.

نمونه‌های مناسب به وسیله روش‌های AF و MMTD مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی‌های صورت گرفته به روش AF نشان داد که کانی‌های مسئول رفتار مغناطیسی غالباً ریز دانه هستند با این وجود غالباً در محدوده بزرگتر از یک میکرومتر قرار می‌گیرند.

مگنتیت به عنوان حامل اصلی رفتار مغناطیسی در این دایک‌ها معرفی شده است. بر اساس بررسی‌های مغناطیس-زدایی حرارتی و نتایج بدست آمده از آنها و هم چنین تجزیه و تحلیل‌های آماری مورد نیاز، موقعیت‌های جغرافیایی گذشته را برای هر ایستگاه تعیین کردیم. لیکن در بین داده‌های بدست آمده داده‌های متعلق به 6 ایستگاه از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار بودند. با توجه به نتایج این 6 ایستگاه و در نظر گرفتن قطب‌های دیرینه مغناطیس مربوط به دوره زمانی ژوراسیک میانی و مراجع منتشر شده در مجموع عرض جغرافیایی میانگین 19 درجه را برای منطقه مشخص کردیم. این مقادیر نشان می‌دهد سرزمین ایران در زمان ژوراسیک میانی در عرض‌های 15 تا 21 درجه شمالی قرار داشته است. وجود میان لایه‌های ذغال سنگی و ذغالی – شیلی در اکثر نقاط به ویژه در البرز جنوبی، حد فاصل قزوین تا شاهرود تایید دیگری بر این ادعا می‌باشد.

در پایان می‌توان گفت که مطالعات AMS و دیرینه مغناطیس می‌توانند به عنوان ابزاری مفید و کارآمد در تفسیر و شناخت تاریخچه زمین‌شناسی ایران واقع شوند.

کلمات کلیدی:

مجموعه دگرگونی دلبر، دایک‌های دیابازی، ژوراسیک، مطالعات AMS و دیرینه مغناطیس، روش‌های مغناطیس‌زدایی، عرض دیرین جغرافیایی

لیست مقالات مستخرج از این پایان نامه :

- 1- چکنی مقدم، م.، صادقیان، م.، علیمحمدیان، ح.، شکاری، س. (1391). کانی‌شناسی مغناطیسی دایک‌های مافیک قطع‌کننده مجموعه آذرین – دگرگونی دلبر، بیارجمند، شانزدهمین همایش انجمن علمی زمین‌شناسی ایران (شیراز).

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل 1: کلیات
	1-1- مقدمه
2	.....
	1-2- موقعیت
3	جغرافیایی
	1-3- راه‌های
4	ارتباطی
	1-4- آب و هوا، جغرافیای انسانی و ریخت شناسی
6	.....
	1-5- تاریخچه مطالعات پیشین در
7	منطقه
	1-6- تاریخچه مطالعات پیشین در مورد AMS و دیرینه مغناطیس ایران
8	.....
	1-7- روش مطالعه
11	.....
	1-8- اهداف
13	مطالعه
	فصل 2: زمین شناسی عمومی
	1-2- زمین شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه
16	.....
	2-2- واحدهای نئوپروتروزوییک
16	.....
	2-3- واحدهای ژوراسیک میانی
19	.....
	2-3-1- دایک‌ها
20	.....
	2-3-2- آهک‌های نازک لایه
25	.....
	2-4- واحدهای
25	کرتاسه

5-2 - کواترنری

26

فصل 3: پتروگرافی

3-1-

29مقدمه

3-1-1- دایک‌های دیابازی

31.....

3-2- کانی‌های اصلی

31.....

3-3- کانی‌های فرعی

35.....

3-4- کانی‌های ثانویه

37.....

3-5- نتایج حاصل از مطالعات پتروگرافی

39

فصل 4: معرفی روش فابریک مغناطیسی

4-1 - مقدمه

41.....

4-2- رفتار و ویژگی‌های مغناطیسی کانی‌ها

46

4-2-1- دیامغناطیس

46

4-2-2-

47.....پارامغناطیس

4-2-3-

49.....فرومغناطیس

4-3- عوامل تاثیرگذار بر خودپذیری مغناطیسی کانی‌ها

54

54.....	4-4- اندازه‌گیری مغناطیس سنگ
60	5-4- روش نمونه برداری
67.....	6-4- خطاها
68.....	7-4- روش کار یا روش اندازه‌گیری خودپذیری مغناطیسی
71.....	8-4- اصول کار با دستگاه
71.....	1-8-4- اندازه‌گیری AMS با روش نمونه چرخشی
74.....	2-8-4- پارامترهای جهت یابی
77.....	9-4- کالیبراسیون دستگاه
80	10-4- پارامترهای مغناطیسی
83	11-4- پارامتر خودپذیری مغناطیسی میانگین K_m
83.....	1-11-4- آنیزوتروپی مغناطیسی (P)
84.....	2-11-4- پارامتر شکل T
85.....	3-11-2- پارامتر L و F
	فصل 5 : داده های مغناطیسی و تفسیر و تحلیل آنها
88	1-5- مقدمه
92.....	2-5- تفسیر نتایج
115.....	3-5- تغییر میزان K_m در ایستگاه-ها

121.....	4-5- درصد آنیزوتروپی P
126.....	5-5- پارامتر شکل T
129.....	6-5- الگوی توزیع ماگما در دایک ها براساس تفسیرهای داده های مغناطیسی
131.....	7-5- نتیجه‌گیری کلی

فصل 6 : اصول و مبانی دیرینه مغناطیس

133.....	1-6- میدان مغناطیسی زمین
137.....	2-6- رفتار مواد از دیدگاه مغناطیسی
137.....	1-2-6- کانی‌های فرومغناطیس
142.....	3-6- منشا پسماند مغناطیسی طبیعی
.....	4-6- دمای قفل شدگی 143
147.....	5-6- انواع NRM
.....	6-6- روش‌های مغناطیس زدایی 148
149.....	7-6- روش‌های آماری برای تجزیه و تحلیل داده‌های دیرینه مغناطیسی
155.....	8-6- تعیین قطب مغناطیس دیرین
165.....	9-6- کاربردهای دیرینه مغناطیس
166.....	10-6- روش‌های آزمایشگاهی

168.....	1-10-6- اندازه‌گیری NRM
169	2-10-6- مغناطیس زدایی حرارتی
170	3-10-6- مغناطیس زدایی به روش AF
171.....	4-10-6- تعیین اندازه دانه‌ها و کانی‌های مغناطیسی غالب موجود در نمونه‌ها
172.....	11-6- نتایج حاصل از مراحل آزمایشگاهی
173	1-11-6- اندازه‌گیری NRM برای نمونه‌ها
174.....	2-11-6- دستگاه CS-3
175	3-11-6- نتایج کانی‌شناسی مغناطیسی
181.....	4-11-6- نتایج مغناطیس زدایی در میدان متناوب (AF)
183.....	5-11-6- نتایج مغناطیس زدایی حرارتی
189.....	6-11-6- آنالیز تعیین مولفه مشخصه مغناطیسی
197	7-11-6- تعیین عرض دیرین جغرافیایی
199	نتیجه‌گیری
202.....	سپاسگزاری
203	پیوست 1
218.....	منابع فارسی
221	Reference
224	Abstract

فهرست شکل ها

- شکل 1-1- منطقه مورد مطالعه روی نقشه 1:100000 ابریشم رود
3.....
- شکل 2-1- نقشه نشان دهنده راه‌های ارتباطی و موقعیت جغرافیایی
5.....
- شکل 3-1- تصویری از دورنمای منطقه مورد مطالعه
6.....
- شکل 4-1- تصویری از رخنمون دایک‌های دیابازی در مجموعه دلبر
7.....
- شکل 5-1- تصویری از مغزه‌های بدست آمده در صحراء، پیش و پس از برش
13.....
- شکل 1-2- نقشه تهیه شده توسط نرم افزار Google Earth و تفکیک واحدهای سنگی منطقه
17.....
- شکل 2-2- موقعیت منطقه مورد مطالعه روی نقشه زون‌های ساختمانی ایران
18.....
- شکل 3-2- تصویری از گنیس‌های مجموعه دگرگونی دلبر
19.....
- شکل 4-2- تصویری از دایک‌های دیابازی و کنتاکت آنها با مجموعه گنیسی
22.....
- شکل 5-2- تصویر فسیل آمونیت یافت شده در آهک‌های ژوراسیک
22.....
- شکل 6-2- تصویری از قطع شدن گرانیت‌ها توسط دایک‌های دیابازی و نفوذ زبانه مثلثی شکل از دایک-ها
23.....
- شکل 7-2- تصویری از قطع شدن کنگلومراها توسط دایک‌های دیابازی در منطقه شمال غرب بند هزار چاه
24.....
- شکل 8-2- تصویری از کنگلومرای ژوراسیک زیرین منطقه بندهزار چاه
24.....
- شکل 9-2- تصویری از کالک شیبست‌های منطقه و آثار چین خوردگی در آنها
25.....

شکل 2-10- تصویر نشان دهنده راندگی کرتاسه بر روی ژوراسیک 26

شکل 2-11- تفکیک واحدهای سنگی منطقه در رخنمونی از منطقه 27

شکل 2-12- تصویری از یک نمونه دستی تراورتن مشاهده شده در منطقه مورد مطالعه 27

شکل 3-1- نمودار کاکس و همکاران که نشان دهنده ترکیب دیابازی برای دایک- هاست 30

شکل 3-2- تصاویر میکروسکوپی مبین حضور پلاژیوکلاز در دایکهای دیابازی مورد مطالعه 32

شکل 3-3- تصویری از بلورهای ریز و کشیده پیروکسن و هورنبلند سبز 34

شکل 3-4- تصویری از یک کانی اوپک زیر نور عادی 36

شکل 3-5- تصویری از مگنتیت اسکلتی در مقطع نازک 36

شکل 3-6- تصویری از دگرسانی پیروکسن به کانیهای کلریت و اسفن 37

شکل 3-7- تصویر میکروسکوپی که مبین حضور اپیدوت در دایکهای مورد مطالعه است 38

شکل 4-1- چرخش الکترون در اطراف هسته باعث تولید میدان مغناطیسی H می شود 48

شکل 4-2- رفتار مواد دیامغناطیس

..... 47

شکل 4-3- رفتار مواد پارامغناطیس

..... 49

شکل 4-4- دیاگرام حلقه پسماند

..... 50

شکل 4-5- اشباعشدگی مغناطیسی نرمالایزه شده در مقابل دما برای مگنتیت و هماتیت 50

شکل 4-6- جفت شدگی تبدیلی برای مواد فرومغناطیس، آنتی فرومغناطیس و فری مغناطیس 52

- شکل 4-7- نمایش شماتیک از مغناطیس‌پذیری شبکه‌ای در مواد
فرومغناطیس 54
- شکل 4-8- نمودار خودپذیری مغناطیسی برحسب SI در برابر میزان کانی‌های فرومغناطیس و
پارامغناطیس 54
- شکل 4-9- میزان خودپذیری مغناطیسی در برابر ترکیب سنگ-
شناسی 56
- شکل 4-10- بیضوی مغناطیسی مبتنی بر مقادیر K_1 , K_2 , K_3 .
..... 57
- شکل 4-11- تصویری از K_{max} , K_{int} , K_{mint} در بیضوی مغناطیسی
..... 57
- شکل 4-12- تصویری از طرح شماتیک طرز قرارگیری ذرات در مقابل میدان مغناطیسی
..... 59
- شکل 4-13- فضای سه‌بعدی تجسمی جهت نشان دادن وضعیّت معرّف شیب و جهت شیب نمونه
..... 60
- شکل 4-14- تصویری از دستگاه مغزه گیر
..... 63
- شکل 4-15- تصویر نشان‌دهنده نحوه برداشت شیب و جهت شیب، توسط کمپاس و ترازباب مغزه
..... 64
- شکل 4-16- تصاویری از مراحل مختلف برداشت مغزه‌های جهت‌دار در صحرا
..... 65
- شکل 4-17- نمایشی از اندازه‌گیری سیستماتیک دایک‌های ریولیتی منطقه Vesuvius
..... 67
- شکل 4-18- تصاویری از اجرای روش سیستماتیک نمونه‌برداری از دایک‌های منطقه
دلبر 67
- شکل 4-19- تصویری از دستگاه MFK1-FA و متعلقات آن
..... 71
- شکل 4-20- تصویری از نرم افزار Safyr 4w در ابتدای کار
آن 72
- شکل 4-21- تصویری از چگونگی قرارگیری نمونه در دستگاه مغناطیس سنج در 3 جهت X و Y و Z
..... 73
- شکل 4-22- نمایش شماتیک موقعیّت‌های محورهای X، Y و Z در یک قطعه
مغزه 75

شکل 4-23- این شکل وضعیت قرارگیری پارامترهای P1 در حالت‌های مختلف را نشان می‌دهد.

76

شکل 4-24- چگونگی تعریف پارامتر

P2

78

شکل 4-25- تغییر و تنظیم پارامترهای دستگاه به وسیله نرم‌افزار

79Safyr4w

شکل 4-26- تصاویری از نمونه استاندارد جهت کالیبراسیون دستگاه

80

شکل 4-27- تصویری از نرم افزار Anisoft 4.2 ابتدای

81شروع

شکل 4-28- تصویر سیم پیچ حامل جریان و ایجاد میدان

83مغناطیسی

شکل 4-29- نمودارهای M در مقابل H

83

شکل 4-30- مفهوم بیضوی مغناطیسی و سه محور K_1, K_2 و

84 K_3

شکل 4-31- استریوگرام نشان‌دهنده موقعیت سه محور K_1, K_2 و

84 K_3

شکل 4-32- تصویری از بیضوی‌های دوکی شکل و سیگاری

87

شکل 4-33- نمودار L در مقابل

F

88

شکل 5-1- تصویر ماهواره‌ای کلی نشان دهنده توزیع ایستگاههای مغزه برداری در منطقه مورد مطالعه

89

شکل 5-2- تصویر استریوگرام‌های بدست آمده به کمک نرم افزار safyr 4w برای 14 ایستگاه نمونه‌برداری شده در منطقه مورد مطالعه

102

شکل 5-3- تصویر موقعیت کلی K_1 و K_3 در نمونه های اندازه‌گیری شده در تمام ایستگاه‌ها

103

شکل 5-4- استریوگرام‌های نشان دهنده توزیع کلی مذاب در ایستگاههای نمونه

104.....برداری

- شکل 5-5- استریوگرام نشان‌دهنده قطب فولیاسیون برای هر صفحه فولیاسیون برای تمام ایستگاه‌های نمونه برداری.....
112
- شکل 5-6- رز دیاگرام نشان‌دهنده امتداد غالب شرقی – غربی برای دایک‌های مورد مطالعه.
112
- شکل 5-7- تصویری شماتیک از نحوه توزیع ماگما و پارامترهای موثر در آن در مورد دایک‌های ریولیتی منطقه کارپاتین.....
114.....
- شکل 5-8 تا 5-19- نمودارهای نشان‌دهنده مقادیر Km برای تمام ایستگاه‌های نمونه برداری.....
116-119
- شکل 5-20- نمودار کلی تغییرات Km برای تمام 14 ایستگاه نمونه‌برداری شده.....
120
- شکل 5-21- نمودارهای درصد آنیزوتروپی P برای 10 ایستگاه نمونه برداری.....
123
- شکل 5-22- نمودار نشان‌دهنده تغییرات درصد آنیزوتروپی مغناطیسی (P%) برای کل نمونه‌های مورد مطالعه.....
124.....
- شکل 5-23- تصویری از مقطع نازک تهیه شده از نمونه متعلق به ایستگاه 9 نمونه‌برداری که در آن کانی پلاژیوکلاز به وفور مشاهده می‌شود.....
125
- شکل 5-24- تصویر میکروسکوپی که نشان‌دهنده حضور کانی‌های مگنتیت و تیتانومگنتیت در نمونه می باشد.
125
- شکل 5-25- نمودار P در برابر T.....
127
- شکل 5-26- نمودار نشان‌دهنده تغییرات K_m در برابر T.....
128
- شکل 5-27- نمودار تغییرات T در نمونه‌های سنگی مورد بررسی متعلق به دایک‌های دیابازی.....
128
- شکل 5-28- استریوگرام‌های نشان‌دهنده وضعیت کلی خطواره‌های مغناطیسی و قطب برگواره‌های مغناطیسی 130
شکل 6-1- تصویر نشان‌دهنده میدان مغناطیسی 2 قطبی زمین
134
- شکل 6-2- تصویر معرف میدان مغناطیسی کل زمین با مولفه‌های افقی عمودی آن و زوایای میل و انحراف مغناطیسی.....
135.....

- شکل 3-6- شکلی از یک تصویر سازی هممساحت از جهت‌های مغناطیسی برای یک نقطه p
136
- شکل 4-6- تصویر سه نوع از ویژگی‌های مغناطیسی اساسی مواد در حین قرار گرفتن در یک میدان مغناطیسی 138
شکل 5-6- نمودار مغناطیس اشباع برحسب دما برای مگنتیت و
هماتیت 138
- شکل 6-6- جفت شدگی تبادلی برای مواد فرومغناطیس، آنتی فرومغناطیس و فری مغناطیس
139 شکل 7-6- نمودار مثلی-TiO₂-FeO
Fe₂O₃ 140
- شکل 8-6- مغناطیس شدگی یکنواخت یک ماده فرو
مغناطیس 142
- شکل 9-6- توزیع دماهای قفل شدگی برای نمونه بازالتی دوره
اوسن 145
- شکل 10-6- جهت‌های NRM چند نمونه بازالتی از یک سایت متعلق به دوره زمانی میوسن 147
- شکل 11-6- نمودار تصویر برداری از مراحل مغناطیس
زدایی 149 شکل 12-6- جمع
بردار 8 بردار و تعیین بردار برآیند R
..... 150
- شکل 13-6- ارتباط میان تعداد داده‌های دیرینه مغناطیسی N از یک توزیع فیشری با عدم قطعیت جهت‌ها 153
شکل 14-6- نمونه‌هایی از تصویر سازی هم مساحت جهت‌های متوسط ChRM نمونه‌ها و سایت‌ها
155
- شکل 15-6- تعیین موقعیت قطب یک جهت مشخص از میدان مغناطیسی (s)، موقعیت سایت در ()
..... 156
- شکل 16-6- تصویر نشان‌دهنده بیضوی عدم قطعیت تعیین موقعیت قطب
مغناطیسی 158
- شکل 17-6- تصویر مبین جهت‌های پالئومغناطیسی ناهمساز ناشی از حرکت‌های
تکتونیکی 162
- شکل 18-6- تصویر شاخص تحلیل جهت - فضا در مقابل قطب - فضای ناهمسازی
پالئومغناطیسی 164
- شکل 19-6- تصویری از دستگاه اسپینر که برای اندازه گیری مغناطش نمونه های دیرینه مغناطیسی و تعیین جهت-
های NRM از آن استفاده می‌شود
..... 169
- شکل 20-6- دستگاه مغناطیس زدایی به کمک میدان متناوب
مغناطیسی (AF) 170

شکل 6-21- دستگاه مغناطیسی زدایی حرارتی (Thermal Demagnetizer)

171

شکل 6-22- دستگاه Kappabridge مدل 1-MFK ساخت کارخانه AGICO

172

شکل 6-23- نمونه B11H (متعلق به ایستگاه 11)- حاوی مقادیر بسیار کم مگنتیت و کمی هماتیت.....

176

شکل 6-24- نمونه B10C (متعلق به ایستگاه دهم)- حاوی مگنتیت زیاد می

باشد..... 176

شکل 6-25- نمونه B9A (متعلق به ایستگاه نهم)- دارای مگنتیت و اندکی هماتیت می-

باشد..... 177

شکل 6-26- نمونه B7A (متعلق به ایستگاه هفتم) اندکی مگنتیت و هماتیت استحاوی می باشد.....

177

شکل 6-27- نمونه B6G (متعلق به ایستگاه ششم)- این نمونه دارای مقادیر قابل توجهی مگنتیت می باشد..... 178

شکل 6-28- نمونه B5J (متعلق به ایستگاه پنجم)- دارای مگنتیت زیاد و هماتیت

کم..... 178

شکل 6-29- نمونه B3G (متعلق به ایستگاه سوم)- این نمونه حاوی مگنتیت قابل توجهی است.....

179

شکل 6-30- نمونه B2H (متعلق به ایستگاه دوم)- دارای مگنتیت و اندکی هماتیت

است..... 179

شکل 6-31- نمونه B1F (متعلق به ایستگاه اول)- دارای مگنتیت و هماتیت کمی

است..... 180

شکل 6-32- تصویر نشان دهنده دستگاه CS-3 و نحوه قراردادن نمونه در آن.....

180

شکل 6-33- نمودار برداری و گرافیکی جهت های مغناطیسی نمونه B5D متعلق به ایستگاه 5 که در نتیجه مغناطیس زدایی AF حاصل شده است

181

شکل 6-34- نمودار برداری و گرافیکی جهت های مغناطیسی نمونه B6F متعلق به ایستگاه 6 که در نتیجه مغناطیس زدایی AF حاصل شده

182

شکل 6-35- نمودار های نشان دهنده مراحل مغناطیس زدایی حرارتی از دمای 100 تا 700 درجه سانتیگراد برای نمونه

B2D

184

شکل 6-36- نمودارهای نشان‌دهنده مراحل مغناطیس زدایی حرارتی از دمای 100 تا 700 درجه سانتی‌گراد برای نمونه B4E

186

شکل 6-37- نمودارهای نشان‌دهنده مراحل مغناطیس زدایی حرارتی از دمای 100 تا 700 درجه سانتی‌گراد برای نمونه B11A

187

شکل 6-38- استریوگرام‌های ترسیم شده نشان‌دهنده جهت‌های مغناطیسی بدست آمده از روش مغناطیس-زدایی AF

191

شکل 6-39- استریوگرام‌های ترسیم شده نشان‌دهنده جهت‌های مغناطیسی حاصل از روش مغناطیس زدایی حرارتی سایت‌های 5، 4، 3 و 11

193

فهرست جداول

جدول 1-3- علائم اختصاری نشان دهنده کانی‌های موجود در سنگ‌های مورد مطالعه	30
جدول 1-5- جدول نشان دهنده میانگین پارامترها برای هر یک از ایستگاههای نمونه برداری	91
جدول 2-5- مشخصات صفحات عبور کننده از قطب‌های فولیاسیون ایستگاههای نمونه برداری ترسیم شده	113
جدول 1-6- جدول مقادیر NRM برای نمونه‌های سنگی متعلق به دایک‌های دیابازی در 11 ایستگاه نمونه برداری	173
جدول 2-6- نمایش داده‌های آزمایشات پالئومغناطیس برای تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه	195
جدول 3-6- نمایش داده‌های حاصل از محاسبه قطب دیرین مغناطیسی برای نمونه‌های مطالعه شده	196
جدول 4-6- نتایج داده‌های قطب‌های دیرین مرجع مورد استفاده در این مطالعه	196
جدول 5-6- مقایسه‌ای از نتایج بدست آمده در مورد عرض دیرین جغرافیایی طی مراحل مغناطیس زدایی ترمال و AF در دایک‌ها	197
جدول 6-6- جدول مقایسه‌ای بین عرض‌های دیرین جغرافیایی در این تحقیق و منابع مشابه مطالعاتی در ژوراسیک میانی ایران مرکزی	198

فصل اول

کلیات

یکی از کاربردهای مهم مطالعات مغناطیسی تعیین موقعیت جغرافیایی هر منطقه در زمان‌های گذشته می‌باشد این امر به وسیله تعیین موقعیت قطب‌های جغرافیایی دیرینه انجام می‌شود. از آنجایی که تصور می‌شد بین دایک‌های دیابازی و مجموعه آذرین، دگرگونی دلبر ارتباط زمانی نزدیکی وجود داشته است ما تصمیم گرفتیم که با تعیین موقعیت جغرافیایی گذشته این منطقه از طریق مطالعات پالئومغناطیس بر روی دایک‌ها ارتباط بین این منطقه را با سایر مناطق قدیمی ایران یا مناطق وابسته به شمال ابر قاره گندوانا مشخص نماییم. البته این ایده بر اساس فرض‌ها و مستندات بود که قبلاً وجود داشت یا منتشر شده بود لیکن در طی مطالعات گسترده که در این منطقه و مناطق مجاور صورت گرفت مشخص شد که دایک‌ها بسیار جوانتر از آن چیزی هستند که ما تصور می‌کردیم. با توجه به مطالعات صحرایی و واحدهای سنگی که دایک‌ها آنها را قطع کرده‌اند و همچنین مقایسه یافته‌های جدید با مطالعاتی که در مناطق هم جوار صورت گرفته (نظیر جمشیدی ۱۳۸۸ و نقشه‌های زمین شناسی) مشخص شد که این دایک‌ها سنگ‌های کنگلومرایی و شیل و ماسه سنگی به سن تریاس پایانی- ژوراسیک آغازین را قطع کرده‌اند ولی واحدهای آهکی، آهکی مارنی، آهکی دولومیتی و دولومیت‌های ژوراسیک میانی (تقریباً معادل سازند دلیچای) را قطع نکرده‌اند. هر چند که با یافته‌های جدید ما از هدف و ایده اولیه خود دور شدیم با این وجود مطالعات دیرینه مغناطیس انجام شده نتایج جالب توجهی را در برداشته است که در این پایان نامه به تفصیل پیرامون آن بحث شده است. همچنین در کنار این کار با توجه به مطالعه فابریک‌های مغناطیسی چگونگی توزیع مذاب در دایک‌های دیابازی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج ارزشمندی بدست آمد که در این پایان نامه به شرح آنها می‌پردازیم. لازم به ذکر است که این مطالعه در ایران منحصر به فرد بوده و کاملاً بدیع و نو می‌باشد.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی

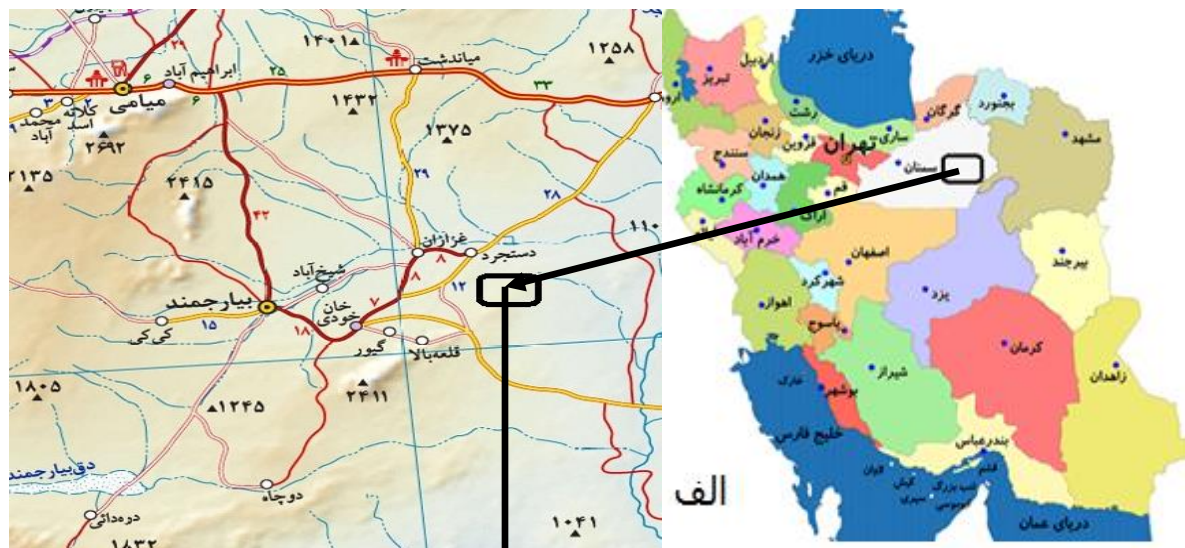
مجموعه دگرگونی، آذرین دلبر در محدوده نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ خارتوران (نوایی و همکاران، ۱۳۶۶)، جاجرم (افتخارنژاد و همکاران، ۱۳۷۱) و ۱:۱۰۰۰۰۰ عباس‌آباد (خلعتبری، فاقد سال انتشار)، ابریشم‌رود (نواب مطلق، ۱۳۸۳) و دره‌دایی (قاسمی و حاجی حسینی، ۱۳۸۳) واقع شده است. دایک‌های قطع‌کننده مورد مطالعه که بخشی از مجموعه دلبر می‌باشند دارای وسعتی حدود ۲۰ کیلومتر هستند. شکل ۱-۱ موقعیت این منطقه را در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ عباس‌آباد نشان می‌دهد. این منطقه در ۳۷ کیلومتری شرق بیارجمند (جنوب شرق شاهرود) قرار دارد و محدوده‌ای با مختصات جغرافیایی $36^{\circ} 1'$ تا $36^{\circ} 2'$ طول جغرافیایی شمالی و $56^{\circ} 8'$ تا $56^{\circ} 7'$ عرض جغرافیایی شرقی را شامل می‌شود.



شکل ۱-۱- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ عباس‌آباد (خلعتبری، فاقد سال انتشار) که موقعیت منطقه مورد نظر روی آن نشان داده شده است.

۱-۳- راههای ارتباطی

مهم‌ترین راه دسترسی به منطقه مورد نظر جاده شاهرود- بیارجمند- کاشمر است. نزدیک‌ترین روستا به منطقه مورد مطالعه، روستای دلبر است که در ۱۰ کیلومتری جنوب شرق منطقه واقع شده است که پاسگاه حفاظت از محیط زیست دلبر (خارتوران) در مجاورت آن قرار دارد. اندکی دورتر از منطقه مورد مطالعه روستاهایی همچون غزازان؛ یزدو؛ قلعه بالا؛ قلعه پایین و خانخودی وجود دارند. دسترسی به این روستاها امکان رسیدن به نقاط مختلف در مجموعه دلبر را تا حد زیادی فراهم کرده است. لازم به ذکر است که جاده‌های اصلی مسیر رسیدن به روستاهای اطراف منطقه آسفalte می‌باشد که از اهمیت بالایی برخوردار است. در شکل ۱-۲-الف، راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه همراه با روستاهای در مسیر راه نشان داده شده است. از آنجایی که نمونه- برداری ما از طریق مغزه‌گیری انجام می‌شود در مواردی نیز بعلت صعب العبور بودن راه‌ها و عدم دسترسی آسان به منطقه، مسافت‌های نسبتاً طولانی پیاپی روی صورت گرفته است. در شکل ۱-۲-ب، تصویر ماهواره‌ای از منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن با استفاده از نرم‌افزار Google Earth نشان داده شده است.



شکل ۱-۲- الف) نقشه‌های نشان‌دهنده موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه که با کادر مشکی مشخص شده است (اقتباس از سایت www.Iranview.com، ب) تصویر ماهواره‌ای بخشی از جنوب شرق بیارجمند که منطقه مورد مطالعه بر روی آن با کادر مربع مشخص شده است (با بهره‌گیری از نرم افزار Google Earth). در نزدیکی منطقه مورد مطالعه روستاهای گیور و دلبر وجود دارند. مسیر اصلی رسیدن به منطقه با رنگ سفید پر رنگ مشخص شده است.

۱-۴- آب و هوا ، جغرافیای انسانی و ریخت شناسی

منطقه مورد مطالعه به دلیل قرار گرفتن در نزدیکی منطقه کویری دارای آب و هوای گرم و خشک کویری می‌باشد و دارای تابستان‌های گرم و سوزان و زمستان‌های سرد و خشک می‌باشد. این منطقه دارای ارتفاعات بلندی می‌باشند که حداکثر ارتفاع آنها از سطح دشت‌های هم جوار ۱۳۰۰ متر اعلام شده است. از نظر بارش این منطقه از میزان کمی بارش سالانه بهره‌مند است و دارای مقدار تقریبی ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر بارش سالانه می‌باشد. سفره‌های زیرزمینی و چشمه‌ها در سطح وسیع مشاهده نمی‌شود و خیلی کم می‌باشند. رودخانه در این منطقه وجود ندارد. پوشش گیاهی غالب منطقه بوته‌های خاردار و استپ به همراه درختچه‌های گز، طاق و گون می‌باشد که سازگار با آب و هوای منطقه می‌باشد. عوامل زیادی در ایجاد ریخت شناسی یک ناحیه نقش دارند که مهمترین آنها لیتولوژی زمین ساخت و آب و هوای منطقه می‌باشد. در این منطقه نیز این عوامل گستره مورد بررسی را تحت تاثیر قرار داده بطوریکه در منطقه مورد مطالعه نیز می‌توان ارتفاعات بلند تا دشت‌های مسطح مشاهده کرد.



شکل ۱-۳- دور نمای زیبایی از منطقه مورد مطالعه با دید به سمت شمال (دی ماه ۱۳۹۰).



شکل ۱-۴- رخنمونی از دایک‌های دیابازی قطع کننده مجموعه دلبر - بیارجمند با دید به سمت شمال شرق (خرداد ۱۳۹۱).

۱-۵- تاریخچه مطالعات پیشین در منطقه

از مطالعات پیشین اختصاصی زمین‌شناسی انجام شده در این منطقه، می‌توان به نوایی و همکاران (۱۳۶۶) اشاره کرد که در جهت تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ خارتوران انجام شده است. این منطقه و مناطق اطراف آن توسط مؤلفینی چون اشتوکلین و همکاران (۱۹۶۴)، ریر و محافظ (۱۹۷۲)، علوی و هوشمند زاده (۱۹۷۶)، نوایی (۱۳۶۵)، حسینی (۱۳۷۶)، خان ناظر (۱۹۹۲)، خلعتبری (۱۳۸۱)، رحمتی (۱۳۸۱) و مردانی (۱۳۹۰) از جنبه‌های مختلف ولی غالباً به منظور تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی و مطالعات سنگ‌شناسی مورد مطالعه قرار گرفته است. در مورد تحقیقات AMS و بررسی‌های ناهمسانگردی پذیرفتاری مغناطیسی و مطالعات دیرینه مغناطیس این مجموعه خاطر نشان می‌کنیم که این تحقیق برای نخستین بار بر روی دایک‌های قطع کننده این مجموعه انجام می‌شود و سابقه‌ای در این زمینه وجود ندارد. اگر چه ممکن است به نتایج کاملاً مطلوبی هم دسترسی پیدا نکرده باشد ولی از اولین کاربردهای مطالعات دیرینه مغناطیس در حل

موضوعات زمین‌شناسی ایران و منطقه مورد مطالعه می‌باشد. ملک‌پور و همکاران (۱۳۸۴) نیز به بررسی اجمالی پتروفابریک این سنگ‌ها پرداخته‌اند. معیذا مسائل اصلی مربوط به پترولوژی دگرگونی این پیکره دگرگونی از قبیل سن، ماهیت پروتولیت، انواع رخداد‌های دگرگونی و دگرشکلی، سبک و درجه دگرگونی آنها هنوز به مطالعات گسترده‌ای نیاز دارد که بخشی از آن در قالب رساله‌های دکتری خانم زری بلاغی و آقای حسین حسینی و پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد خانم‌ها محبوبه عزیزی، زهرا اصغر زاده، مرسته ابتهاج و سهیلا فتحعلیان در حال انجام می‌باشد.

۱-۶- تاریخچه مطالعات پیشین در مورد AMS و مطالعات دیرینه مغناطیس :

مطالعات پالئومغناطیس و AMS صورت گرفته در این منطقه سابقه گذشته نداشته و برای نخستین بار صورت می‌گیرد در مورد مطالعات مربوطه انجام شده در سایر نقاط ایران می‌توان موارد زیر را برشمرد:

- ۱- قلمقاش (۱۳۸۱) توده نفوذی اشنویه را در قالب رساله دکتری خود به روش AMS مطالعه کرده است. نتایج حاصل به صورت رساله دکتری و مقاله (قلمقاش، ۲۰۰۹) منتشر شده است.
- ۲- وکیلی (۱۳۸۲) پایان‌نامه خود را در راستای روش AMS به صورت کتاب‌نگاری عرضه کرده است.
- ۳- 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 و همکاران، ۲۰۰۵) منتشر شده است.
- ۴- اسماعیلی و همکاران (۲۰۰۷) مدل جایگیری توده گرانیتوئیدی شاه‌کوه را با استفاده از تکنیک AMS مطالعه کرده و نتایج آن را در مجله تکتونوفیزیک به چاپ رسانده‌اند.

۵- رسولی (۱۳۸۷) در قالب رساله کارشناسی ارشد ناهمسانی پذیرفتاری 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.

۶- 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.

۷- احدنژاد (۱۳۸۹) با استفاده از روش AMS و در قالب رساله دکتری خود مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی ملایر را مطالعه کرده داده است

۸- بدلو (۱۳۹۰) در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد خود توده گرانیتوئیدی گل زرد را به روش AMS مورد مطالعه و بررسی قرار داده است.

۹- شکاری (۱۳۹۰) در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد خود توده گرانیتوئیدی دره‌باغ شمال غرب الیگودرز را بر اساس روش AMS مورد مطالعه قرار داده است.

۱۰- مهدی‌پور (۱۳۹۰) در قالب رساله کارشناسی ارشد خود آب و هوای دیرینه منطقه نکاء در شمال ایران را با توجه به لس‌های منطقه بر اساس پارامترهای مغناطیسی مورد بررسی قرار داده است.

قابل ذکر است که گستردگی و دامنه استفاده از روش‌های دیرینه مغناطیسی تنها محدود به رشته‌های زمین‌شناسی نمی‌باشد بلکه در رشته‌های دیگر هم کاربرد دارد به عنوان مثال ملاحاهی (۱۳۹۱) دانشجوی رشته منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس تهران در قالب رساله دکتری خویش به بررسی آلودگی هوای تهران با استفاده از مگنتومتري خاک و برگ درختان با بهره‌گیری از روش AMS و تعیین مغناطیس دیرینه آنها پرداخته است.

۱۱- محمودی (۱۳۹۱) در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد خود با بهره گیری از پارامترهای مغناطیسی بازالت های سازند قلی و سلطان میدان در البرز شرقی در شمال شاهرود به سن اردوئیسین بالایی و سیلورین را مورد مطالعه قرار داده است که نتایج آن تحت مقاله ای با همین نام، در سی امین گردهمایی علوم زمین در مجله سازمان زمین شناسی کشور منتشر شده است.

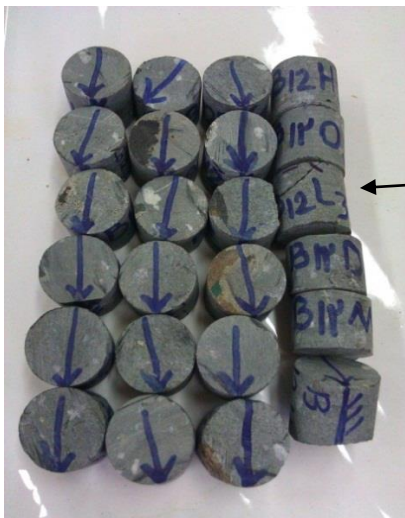
۱۲- اصلانی (۱۳۹۱) طی پایان نامه کارشناسی ارشد خود بخشی از توده گرانیتهی باتولیت الوند را با کمک روش AMS مورد مطالعه قرار داده و مکانیسم جایگزینی آن را بررسی کرده است. لازم به ذکر است، مطالعات افرادی چون قلمقاش، صادقیان، اسماعیلی، رسولی، شیبی و وکیلی در آزمایشگاه پول ساباتیو تولوز کشور فرانسه، تحت نظر پروفیسور ژان لوک بوشه انجام گرفته است. خوشبختانه با فراهم شدن امکانات مناسب آزمایشگاهی در ایران امکان انجام کلیه اندازه گیری های لازم برای انجام این روش، در داخل کشور مهیا گردیده است. با خریداری دستگاه حساسیت سنج مغناطیسی مدل MFK1- FA توسط سازمان زمین شناسی 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 کرده اند. بدلو (۱۳۹۰) و شکاری (۱۳۹۰) و مردانی (۱۳۹۰) در دانشگاه صنعتی شاهرود و میرزایی (۱۳۸۹) و اصلانی (۱۳۹۱) در سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور به مطالعه بر روی مناطق تحقیقاتی خود پرداخته اند. اولین مطالعه، تحت عنوان بررسی مکانیسم جایگزینی توده گرانیتهی جنوب ظفرقند (اردستان) به وسیله روش AMS (گونجی ۱۳۸۹) در آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود با موفقیت کامل انجام شد و به نتایج قابل توجهی نیز دست یافت.

۱-۷- روش مطالعه

روش AMS به اندازه‌گیری پارامترهایی می‌پردازد که منعکس کننده فابریک‌های مغناطیسی سنگ‌ها است. این روش به عنوان روشی جدیدتر، سریع‌تر و قابل اعتمادتر نسبت به روش‌های قدیمی، جهت تعیین سازوکار جایگیری توده‌های نفوذی کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است، علاوه بر این تکنیک AMS در بسیاری از سنگ‌ها و رسوبات نرم نیز کاربرد دارد (گوانجی ۱۳۸۹). پارامترهای حاصل از روش AMS بر رفتار مغناطیسی کانی‌ها مبتنی هستند (بوشه ۱۹۹۷) و به کمک این روش می‌توان برگوارگی و خطوارگی مغناطیسی را در سنگ‌هایی که در نمونه‌ی دستی و صحرایی فاقد برگوارگی و خطوارگی قابل رؤیت هستند، مشخص نمود (نابا و همکاران، ۲۰۰۳؛ تالبوت و همکاران، ۲۰۰۵). مزیت‌هایی که برای روش AMS می‌توان بیان کرد شامل وضوح بسیار بالا، سرعت عمل بالا، مقرون به صرفه بودن از لحاظ هزینه و مهم‌تر از همه اجرای روش به‌طور سیستماتیک بر روی کل رخنمون توده‌های نفوذی می‌باشد (تارلینگ و هرودا ۱۹۹۳). البته گاهی نیز مشکلاتی از قبیل دگرسانی، مورفولوژی غیر قابل دسترس، مشکلات مالی و امنیتی و گاه خرابی موتور مغزه‌گیر و یا وسایل نقلیه نیز مانع از انجام یک مطالعه کاملاً منظم می‌باشد. در این روش ابتدا منطقه مورد مطالعه از لحاظ وسعت طی بازدیدهای صحرایی مورد بررسی قرار گرفته است و در نهایت به علت وسعت بالای دایک‌ها تصمیم بر برداشت ۱۴ ایستگاه برای نمونه‌برداری از دایک‌ها شد. با این وجود تغییرات و تنوع سنگ‌شناسی، کیفیت سنگ‌ها در رخنمون صحرایی و امکان دسترسی به منطقه تعیین‌کننده تعداد ایستگاه‌های قابل مغزه‌گیری می‌باشد. همچنین در این مرحله، از طریق پایان‌نامه‌ها و گزارش‌های زمین‌شناسی منتشر شده قبلی می‌توان به اطلاعات مفیدی در باب انجام روش کار دسترسی پیدا کرد. برداشت‌های صحرایی منطقه نیازمند فراهم آوردن لوازمی از جمله نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه توپوگرافی

۱:۲۵۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای، کمپاس، چکش، دستگاه حفاری، ترازیب و GPS می‌باشد. پس از انجام بررسی‌ها و مطالعات اولیه، طی سه مرحله بازدید صحرایی در آذر و دی ماه ۹۰ و خرداد ۹۱ 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 ۱۴ ایستگاه نمونه‌برداری (به صورت مغزه‌گیری و در صورت لزوم برداشت نمونه‌های سنگی دستی) صورت گرفت، تعداد ۲۰۰ مغزه تهیه گردید که پس از برش مغزه‌ها به اندازه قطعات استاندارد (۲۲ میلی متر)، ۶۵۰ نمونه با طول ۲۲ میلی متر حاصل گردید (شکل ۱-۵). تمام ۶۵۰ نمونه بدست آمده تحت آزمایش‌های AMS واقع شدند و تعداد ۱۰۵ مغزه (نمونه) هم جهت آنالیزهای پالئومغناطیس و آزمایش‌های مغناطیس زدایی حرارتی و مغناطیسی به سازمان زمین شناسی کشور انتقال و طی ۱۱ هفته آزمایشات مربوط صورت گرفت. طی این آزمایشات در ۲۸ مرحله در میدان‌های مغناطیسی مختلف و دماهای مختلف از هر نمونه، مغناطیس زدایی صورت می‌گرفت و سپس از طریق دستگاه‌های مربوطه مغناطیس باقی مانده در سنگ پس از اعمال میدان یا دمای خاص اندازه‌گیری می‌شد. شرح کامل این فعالیت‌ها در فصل ششم ذکر شده است. پارامترهای مغناطیسی این نمونه‌ها توسط دستگاه اندازه‌گیری پذیرفتاری مغناطیسی در آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود اندازه‌گیری گردید. همچنین جهت تعیین حامل‌های اصلی رفتار مغناطیسی در دایک‌های قطع کننده مجموعه دگرگونی دلبه- بیارجمند ۱۰ نمونه معرف

ترکیبات سنگی متفاوت انتخاب و پودر گردید و در آزمایشگاه محیط دیرینه سازمان زمین‌شناسی کشور مورد مطالعه و آزمایش قرار گرفت.



الف

ب

شکل ۱-۵- الف- مغزه های بدست آمده از دایک‌ها پیش از برش ، ب - مغزه های برش یافته به طول استاندارد ۲۲ میلی متر متعلق به ایستگاه شماره ۱۲ نمونه برداری. سطح بالایی هر مغزه با علامت فلش مشخص می‌گردد.

۸-۱- اهداف مطالعه

امروزه بررسی فابریک‌های مغناطیسی یا به عبارتی بررسی قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی (AMS) به عنوان یکی از روش‌های قابل اعتماد در تعیین سازوکار و جایگزینی توده‌های نفوذی در دنیا قلمداد می‌شود. بر روی مجموعه دگرگونی دلبر، بیارجمند در جنوب شرق شاهرود مطالعات پترولوژیکی اندکی صورت گرفته است ولی در زمینه مطالعات فابریک مغناطیسی و تعیین موقعیت گذشته دایک‌های قطع کننده این مجموعه تاکنون تحقیق و مطالعه‌ای صورت نگرفته است و امید است با انجام این تحقیق اطلاعات مفید و سودمندی با توجه به روش‌های ذکر شده حاصل گردد. به واسطه انجام این تحقیق و تعیین موقعیت جغرافیایی گذشته می‌توان به تجزیه و تحلیل بخشی از تاریخچه زمین‌شناسی منطقه و ایران کمک نمود.

از مهمترین اهداف این مطالعه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

- ۱- تعیین وضعیت توزیع مذاب در دایک‌های دیابازی بر اساس پارامترهای مغناطیسی،
- ۲- تعیین موقعیت جغرافیایی گذشته منطقه مورد مطالعه با توجه به مطالعه دایک‌ها بر اساس مقادیر پسماند مغناطیسی در آنها،
- ۳- مشخص کردن قطب‌های دیرینه مغناطیس منطقه مورد مطالعه،
- ۴- مشخص کردن تاریخچه زمین شناسی منطقه در زمان تشکیل آنها،
- ۵- انجام آزمایش‌های مبتنی بر تعیین کانی‌های مغناطیسی در نمونه‌های سنگی (کانی‌شناسی مغناطیسی).

فصل دوم

زمین شناسی عمومی منطقه

۱-۲ - زمین شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه

بر اساس تلفیق نتایج بدست آمده از مطالعات صحرایی نقشه های زمین شناسی از قبل منتشر شده و تصاویر ماهواره ای برگرفته از نرم افزار Google Earth نقشه زمین شناسی جدیدی از منطقه مورد مطالعه تهیه شده است (شکل ۱-۲). با توجه به این شکل سنگ‌هایی به سن پرکامبرین (نئوپروتروزوییک)، ژوراسیک، کرتاسه و کواترنری در منطقه رخنمون دارند. سنگ‌های دارای سن نئوپروتروزوییک عمدتاً یک مجموعه دگرگونی، آذرین را تشکیل می‌دهند که به عنوان مجموعه دلبر معروف و شناخته شده هستند. از نظر تقسیم‌بندی ساختاری زمین‌شناسی ایران، مجموعه دگرگونی، آذرین دلبر در حاشیه شمالی پهنه ساختاری ایران مرکزی قرار دارد (شکل ۲-۲).

در منطقه مورد مطالعه سنگ‌هایی با طیف سنی زیر رخنمون دارند :

۱- نئوپروتروزوییک

۲- ژوراسیک

۳- کرتاسه

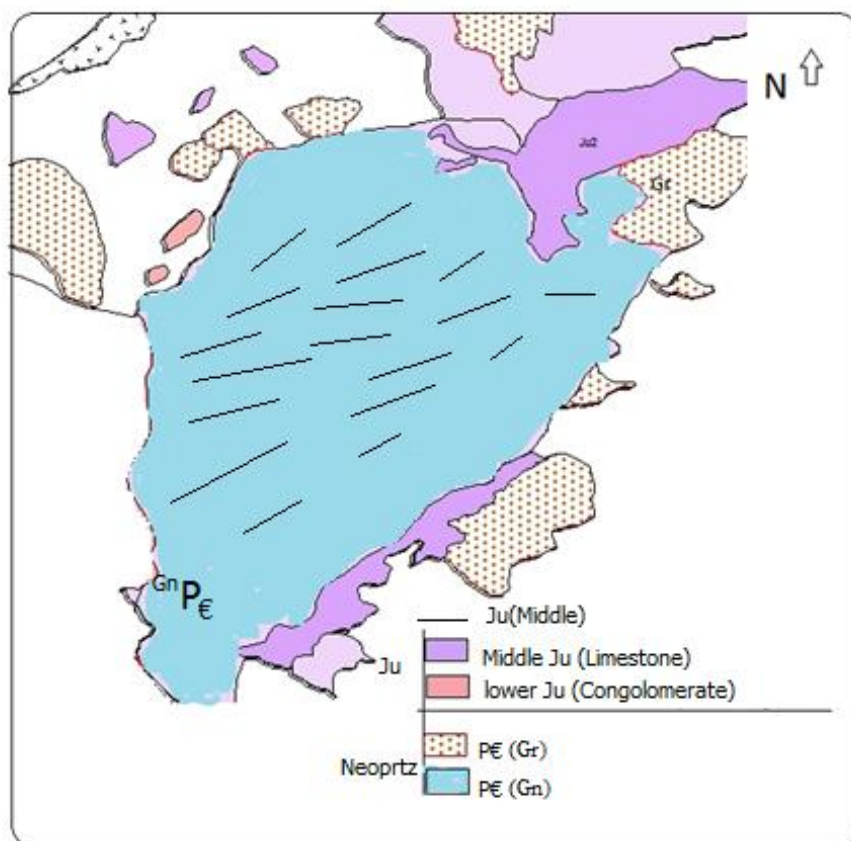
۴- کواترنری

در زیر به مرجع هر کدام از گروه‌های سنگی می‌پردازیم:

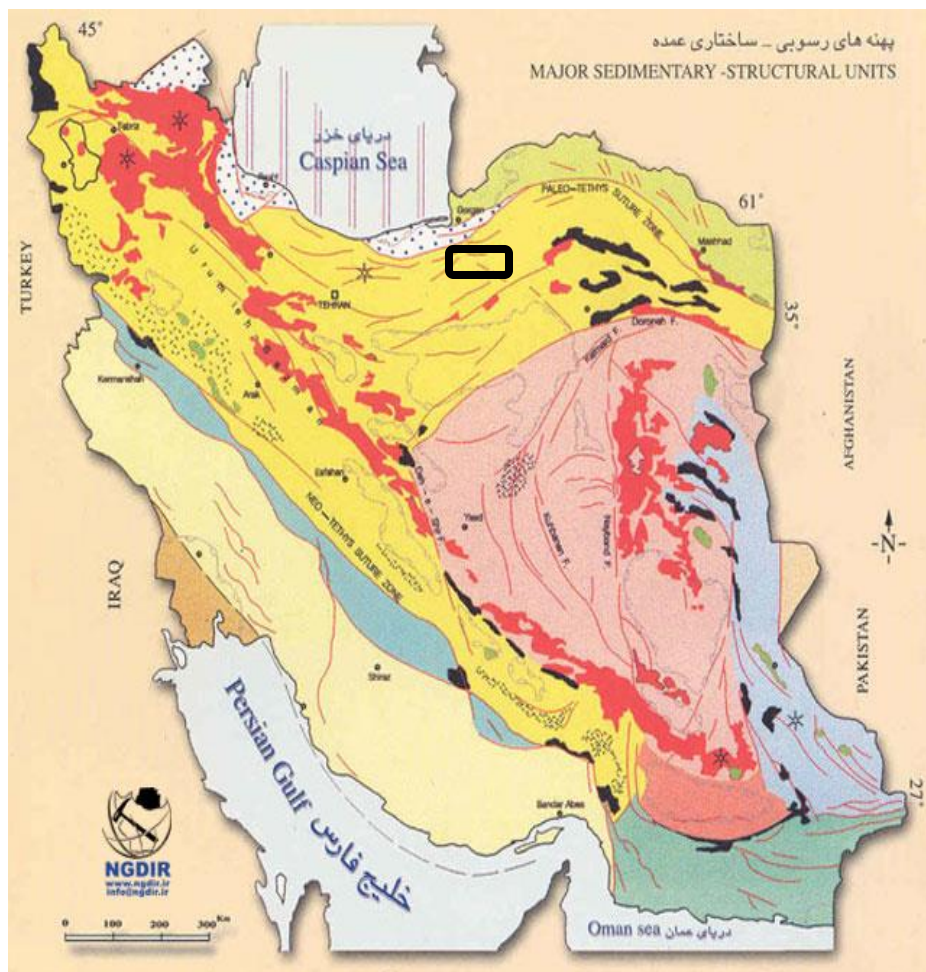
۲-۲ - نئوپروتروزوییک

بخش اعظم منطقه دلبر در جنوب شرق بیارجمند را سنگ‌های دگرگونی با ترکیبات و درجات دگرگونی متفاوت تشکیل می‌دهند. بر مبنای روابط صحرایی و سن نسبی، پیکره‌های دگرگونی منطقه به دو بخش تقسیم بندی می‌شوند که یک بخش آن دارای سن پرکامبرین (نئوپروتروزوییک) می‌باشد و متشکل از انواع گنیس و آمفیبولیت می‌باشد (قاسمی ۱۳۸۵). گنیس‌ها گسترده‌ترین نوع سنگ‌های رخنمون یافته در

منطقه مورد مطالعه هستند و دایک‌های دیابازی به طور آشکاری آنها را قطع کرده‌اند و قطعات گنیسی را در بر گرفته‌اند به همین دلیل زمان نفوذ دایک‌ها پس از تشکیل گنیس‌ها بوده است (قاسمی ۱۳۸۵).



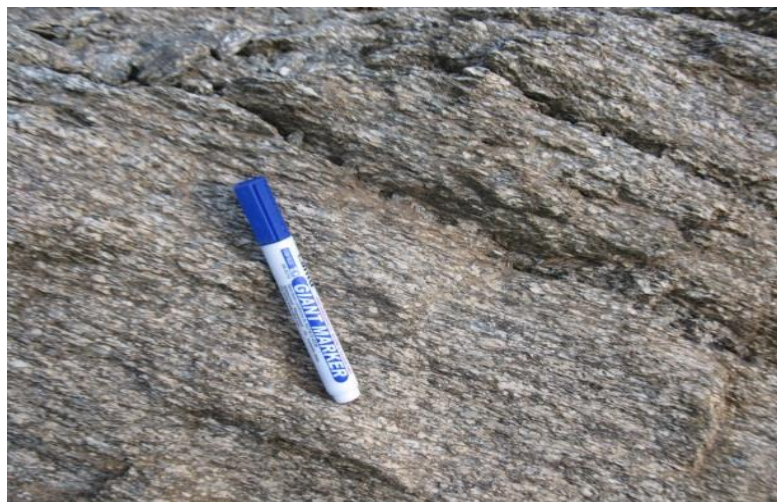
شکل ۲-۱- نقشه تهیه شده توسط نرم افزار Google Earth که نشان‌دهنده واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه بطور کلی می‌باشد است. دایک‌های مورد مطالعه اغلب دارای امتداد شمال شرقی - جنوب غربی می‌باشند.



شکل ۲-۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه (کادر سیاه رنگ) بر روی نقشه زون های ساختاری ایران (آقناباتی ۱۳۸۳).



الف- تصویری از قطع شدن گنیس های مجموعه دگرگونی، آذرین دلبه توسط دایک ها در منطقه مورد مطالعه.



ب- نمای نزدیکی از گنیس‌ها در منطقه مورد مطالعه.
 شکل ۲-۳- الف و ب) تصاویری از گنیس‌های مجموعه دگرگونی- آذرین دلبر.

خردشدگی زیاد واحدهای آذرین و دگرگونی این منطقه حاکی از اعمال تنش‌های فشارشی و دینامیکی بر منطقه می‌باشد. برگوارگی و ریزچین‌های فراوانی بخصوص در گنیس‌ها و شیست‌ها مشاهده شده است. با توجه به مشاهدات و علایم فشارشی و حرکتی بالای منطقه می‌توان اعمال یک فاز دگرگونی در حد آمفیبولیت فوقانی را محتمل دانست. در شکل ۲-۳ تصویری از گنیس‌های مجموعه دگرگونی دلبر نشان داده شده است. آمفیبولیت‌ها در صحرا به صورت دایک‌های دیابازی دگرگون شده دیده می‌شوند و منشأ آذرین آنها کاملاً محرز است (ارتوآمفیبولیت). بقایای بافت‌های دلریتی و پورفیری، حاشیه انجماد سریع، آمفیبول‌های نوع اورالیت (حاصل از تجزیه پیروکسن‌ها) و اسفن فراوان نیز از دیگر دلایل تأیید کننده این منشأ هستند. این سنگ‌ها غالباً دارای بافت نماتوبلاستی متشکل از هورنبلند و پلاژیوکلاز به همراه اسفن و اکسیدهای آهن فراوان و در برخی موارد بیوتیت هستند (قاسمی ۱۳۸۵).

۲-۳- ژوراسیک میانی

سنگ‌های ژوراسیک میانی عمدتاً آهک‌های نازک لایه متورق و سنگ آهک‌های دولومیتی فسیل دار هستند. واحدهای رسوبی منطقه در واقع پوششی برای گرانیت‌ها و گنیس‌ها محسوب می‌شوند. این سنگ‌ها شامل آهک مارنی و آهک‌های متعلق به ژوراسیک هستند که متحمل دگرشکلی شدید شده و به

مجموعه‌ای بسیار متورق و چین‌خورده تبدیل شده‌اند. بر روی این سنگ‌ها، توالی ضخیمی از آهک‌های کرتاسه قرار دارد که به دلیل وجود میکروفونای *Cylindroporella* sp, *Dictyoconus* sp, *Orbitolina* Shell و *sp*, *Lithocodium aggregatum*, *Textularids*, *Miliolides*, *Dasycladacea* fragments در آنها سن این سنگ‌ها در حد آشکوب‌های آپسین-آلبین در نظر گرفته شده است (خلعتبری، ۱۳۸۱). لازم به ذکر است این واحد در اصل به صورت ناپیوسته مجموعه سنگ‌های قدیمی‌تر را می‌پوشاند ولی در این منطقه دارای مرز گسله از نوع راندگی می‌باشد.

۲-۳-۱- دایک‌ها:

صدها یا هزاران دایک مجموعه دگرگونی- آذرین دلبر را قطع کرده‌اند. بیشترین تمرکز و فراوانی آنها در مجموعه گنیسی مشاهده می‌شود (شکل ۲-۴). در این مجموعه آذرین- دگرگونی دایک‌ها غالباً با روند تقریباً شمال شرقی- جنوب غربی سنگ‌های گنیسی را قطع کرده‌اند. این دایک‌ها تیره رنگ بوده و اغلب دارای بافت پورفیری هستند و فنوکریست‌های پلاژیوکلاز و پیروکسن در آنها به وضوح مشاهده می‌شوند. خرد شدگی و برشی شدن در برخی دایک‌ها مشاهده شده است. رگه‌هایی از کلسیت و کوارتز نیز اغلب بصورت پرکننده شکستگی‌ها و حفرات مشاهده شده‌اند.

یک مبحث اصلی و مهم پیرامون دایک‌ها در مطالعات دیرینه‌مغناطیس تعیین سن آنها می‌باشد. با توجه به میسر نبودن تعیین سن از طریق روش‌های سن سنجی و تعیین سن رادیومتری، پیدا کردن شواهد دقیق و مستند صحرایی امری ضروری و بسیار مهم برای دایک‌ها تلقی می‌شد، بطوریکه جهت بدست آوردن مشاهدات صحرایی و چینه‌شناسی دقیق و مستدل برای تعیین سن دایک‌ها چندین بازدید صحرایی ویژه حل این مسئله انجام شد. پس از بررسی‌های متعدد رخنمون دایک‌ها در نقاط مختلف، شواهد خوب و قابل اطمینانی حاصل شد که در نهایت سن نسبی دایک‌ها را با اطمینان کامل، خارج از محدوده سنی پالئوزویک زیرین قرار داد و اختلاف سنی زیاد دایک‌ها با گرانیته‌ها و گنیس‌های میزبان

خود را ثابت کرد و سن قریب به یقین آن‌ها را در بازه زمانی ژوراسیک زیرین - ژوراسیک میانی قرار داد. همانگونه که در تصویر ۲-۶ مشاهده می‌شود گرانیته‌ها توسط دایک‌ها قطع شده‌اند و این امر به عنوان شاهد مستدل بر رد فرضیه هم سن بودن دایک‌ها و گرانیته‌های میزبان خود می‌باشد. از جمله شواهد صحرایی و چینه شناسی مستدل در تایید سن دایک‌ها به اواخر ژوراسیک زیرین - ژوراسیک میانی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- وجود ماکروفسیل از نوع آمونیت در آهک‌های پوشاننده کنگلومراها و شیل و ماسه سنگ‌هایی که خود توسط دایک‌های دیابازی قطع شده‌اند و در ضمن در بین لایه‌های شیلی فسیل‌های گیاهی معرف سازند شمشک (تریاس بالایی - ژوراسیک زیرین) نیز یافت شده‌اند (شکل ۲-۵).

۲- قطع شدن تناوب شیل و ماسه سنگ و کنگلومراها توسط دایک‌های دیابازی (شکل ۲-۷ و ۲-۸)

۳- قطع نشدن واحدهای آهکی، آهکی ماسه‌ای و آهکی دولومیتی ژوراسیک بالایی و سنگ‌های آهکی اربیتولین دار کرتاسه.



الف



ب

شکل ۲-۴- (الف) تصویری از دایک‌های دیابازی که مجموعه گنیسی رخمون یافته در منطقه مورد مطالعه را قطع کرده اند (ب) تصویری از محل کنتاکت دایک دیابازی با گنیسه‌های منطقه. بر گوارگی گنیسه‌ها به طور آشکار توسط دایک‌ها قطع شده است.



شکل ۲-۵- تصویری از فسیل آمونیت بدست آمده در آهک‌های ژوراسیک میانی در منطقه بند هزارچاه.



(الف)



(ب)

شکل ۲-۶- الف و ب) تصویری از قطع شدن گرانیت‌ها توسط دایک‌های دیابازی و نفوذ زبانه مثلثی شکلی از دایک‌ها به درون سنگهای گرانیتی که بهترین شاهد مبنی بر جوانتر بودن دایک‌ها نسبت به سنگ میزبان گرانیتی است..



شکل ۲-۷- تصویر از قطع شدن کنگلومراها توسط دایک های دیابازی در منطقه شمال غرب بند هزار چاه در حوالی چاه نو.



شکل ۲-۸- تصویر از کنگلومرای ژوراسیک زیرین منطقه بندهزار چاه که حاوی قطعات گرانیتی و سنگ های دگرگونی قدیمی تر می باشد.

۲-۳-۲- آهک‌های نازک لایه

بخش دیگری از واحدهای ژوراسیک این منطقه را آهک‌ها و آهک‌های مارنی نازک لایه‌ای تشکیل داده‌اند که متحمل دگرشکلی شدید شده‌اند و به شدت چین خورده‌اند بطوریکه در آن‌ها ریزچین‌های ظریف و فراوانی بوجود آمده است این کالک شیست‌ها بصورت متورق و اغلب چین خورده در منطقه مشاهده می‌شوند (شکل ۲-۹).

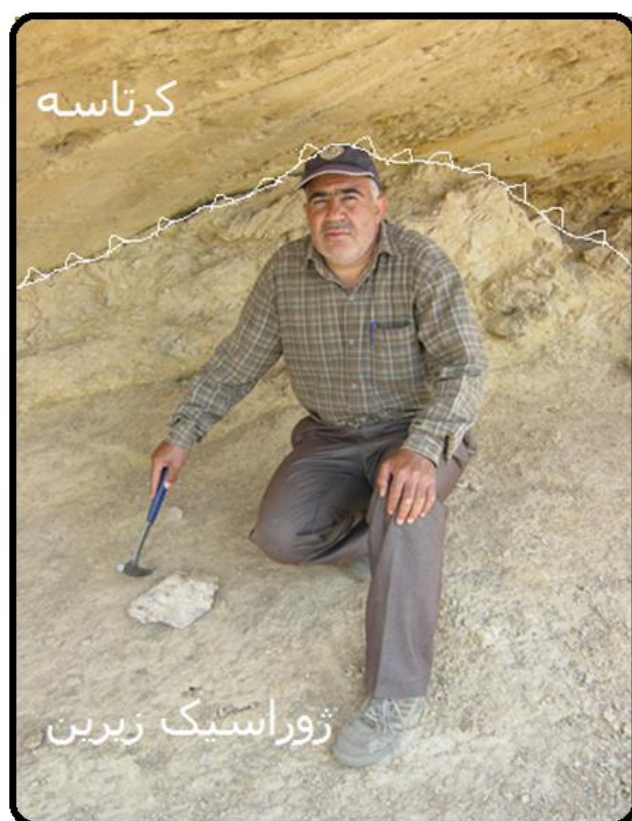


شکل ۲-۹- تصویری از آهک‌های مارنی نازک لایه به شدت متورق و چین خورده.

۲-۴- کرتاسه

واحدهای سنگی کرتاسه متشکل از سنگ آهک بصورت برش‌های تکتونیکی و ترکیب غالباً آهکی بر روی مجموعه‌های دگرگونی قدیمی یا سنگ‌های متعلق به ژوراسیک رانده شده‌اند و در تصاویر ماهواره‌ای (شکل ۲-۱) با رنگ روشن‌تر نسبت به گروه‌های سنگی دیگر مشخص شده‌اند. این آهک‌های نازک لایه اغلب حاوی فسیل از نوع اوربیتولین می‌باشد و قابلیت ذخیره آب بالایی دارند. در نزدیکی دایک‌های منطقه مورد مطالعه گسل‌های تراستی قطع‌کننده آهک‌های کرتاسه مشاهده شده است که روند آنها N45E می‌باشد. در مناطق مجاور از جمله در ناحیه بند هزار چاه قدیمی‌ترین واحد رسوبی دگرگون نشده، سنگ آهک‌های متبلور و ضخیم لایه کرتاسه معرفی شده است. این سنگ‌ها عمدتاً در کوه‌های

یزدو و ملحدو دیده می‌شوند. در منطقه مورد اغلب واحدهای کرتاسه بصورت رانده شده روی واحدهای ژوراسیک قرار گرفته‌اند در این ناحیه مرز ژوراسیک – کرتاسه از نوع ناپیوستگی و گسله می‌باشد. شکل ۲-۱۰ به خوبی نشان دهنده راندگی کرتاسه به روی واحدهای ژوراسیک میانی و مرز گسله آن است.



شکل ۲-۱۰- تصویر نشان دهنده راندگی کرتاسه بر روی واحدهای ژوراسیک در این تصویر آینه گسل به خوبی مشاهده می‌شود.

۲-۵ - کواترنری

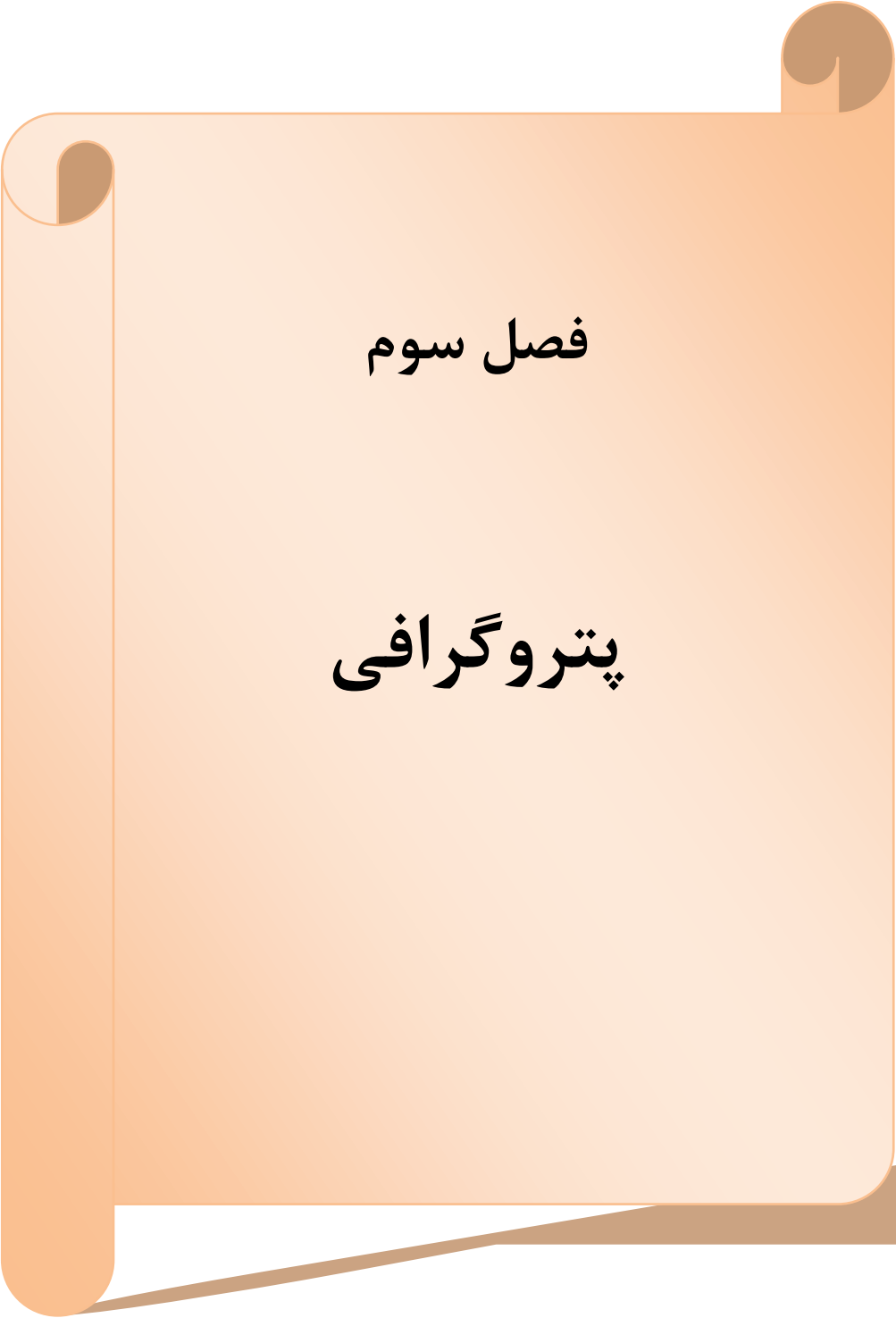
تراسها، پادگانه‌های آبرفتی و تپه‌های شنی - ماسه‌ای کواترنری، از دیگر واحدهای رسوبی منطقه هستند که غالباً از رسوبات درشت دانه با جورشدگی ضعیف تشکیل شده‌اند. در امتداد رودخانه‌ها و مناطق فروافتاده رسوبات مخروط افکنه‌ای با رسوبات سیلابی کواترنری یافت می‌شود. این نهشته‌ها بصورت کنگلومرایی و ماسه سنگی می‌باشند و به صورت دگرشیب روی مارن‌های میوسن قرار گرفته‌اند این رسوبات پادگانه‌های آبرفتی هستند که از رسوبات رودخانه‌ای سست تشکیل شده‌اند و ساختمان‌های

رسوبی مثل لایه‌بندی و چینه‌بندی مورب نشان می‌دهند. شکل ۲-۱۱ نشان دهنده تفکیک واحدهای سنگی و رسوبی در یک رخمون از منطقه مورد مطالعه می‌باشد. از دیگر سنگ های مشاهده شده در این منطقه که دارای سن کواترنری هستند می‌توان به تراورتن‌ها اشاره کرد که به مقدار اندک در حاشیه جاده آسفalte خانخودی – احمد آباد رخمون دارند (به شکل ۲-۱۲ نگاه کنید)



شکل ۲-۱۲- تصویری از یک نمونه دستی گرفته شده از تراورتن های رخمون یافته در جنوب جاده آسفalte خانخودی – احمدآباد. (۳ کیلومتری غرب سه راهی دلیر)

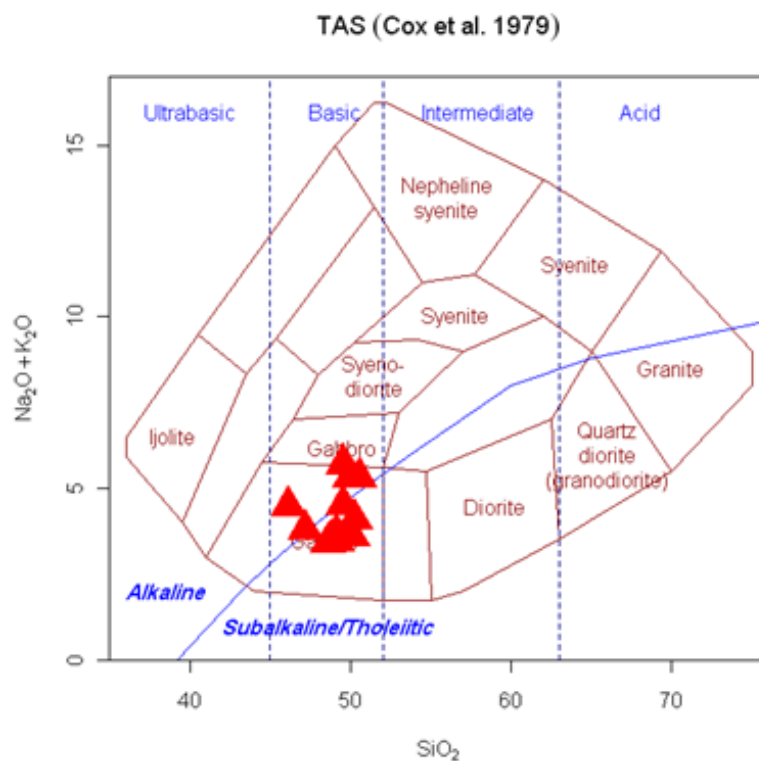
شکل ۲-۱۱- رخمونی از منطقه مورد مطالعه که در آن واحدهای نئوپروتوزوییک، کرتاسه، ژوراسیک و کواترنری مشخص شده اند.

A stylized orange scroll with rounded corners and a vertical strip on the left side. The scroll is set against a light gray background and casts a soft shadow to the right. The text is written in a clean, black, sans-serif Persian font.

فصل سوم

پتروگرافی

قبل از شروع این مبحث ذکر این نکته ضروری است که قبلا تصور می کردیم طیف تغییرات این سنگ ها از گابرو تا دیوریت (یا سنگ های نیمه عمیق یا بیرونی معادل آنها) متغیر است اما نمودارهای ژئوشیمیایی که جهت نامگذاری سنگ ها استفاده می شود نشان داد که ترکیب آنها در محدوده ترکیبی گابرو واقع می شود (شکل ۳-۱). از این رو باید از اصطلاح دایک های مافیک - حدواسط صرف نظر کرد و از عبارت صحیح تر دایک های دیابازی (معادل میکروگابرو) استفاده کرد. لازم به ذکر است نتایج آنالیز شیمی از مطالعات در حال انجام توسط خانم ها زری بلاغی و محبوبه عزیزی که هر دو بر روی بخش هایی از مجموعه دگرگونی - آذرین دلبر کار می کنند اقتباس شده است. با توجه به موضوع مورد مطالعه، در این فصل به بررسی میکروسکوپی نمونه های تهیه شده از دایک های دیابازی می پردازیم. دایک ها در رخنمون های صحرایی و نمونه های دستی از لحاظ ساخت، اندازه دانه ها و نوع (یا ترکیب) دانه ها اختلافاتی نشان می دهند. به کمک مقاطع نازک تهیه شده به مطالعه تفصیلی موارد ذکر شده خواهیم پرداخت.



شکل ۳-۱- نمودار کاکس و همکاران (۱۹۷۹) که در آن ترکیب دایک‌ها با علامت مثلث مشخص شده است (داده‌ها از عزیزی و بلاغی)

علائم اختصاری کانی‌های مورد استفاده در این فصل در جدول زیر ارائه شده است :

نام کانی	علامت اختصاری	نام کانی	علامت اختصاری
آپاتیت	Ap	هورنبلند سبز	Hb
اسفن	Sph	بیوتیت	Bio
اپیدوت	Epd	پلاژیوکلاز	Plg
اوپک	Opq	پیروکسن	Px
کلریت	Chl		
جدول ۳-۱ - علائم اختصاری نشان دهنده کانیهای موجود در سنگ‌های مورد مطالعه.			

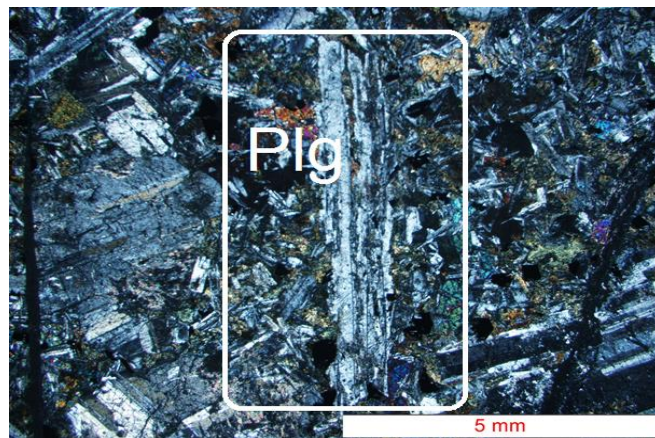
۳-۱-۱ - دایک های دیابازی

دایک های دیابازی (گابرویی) محور اصلی بحث این مطالعه می باشند و تمرکز اصلی آنالیزهای فابریک مغناطیسی و برداشت های نمونه نیز بر روی آنها معطوف شده است. این دایک ها به صورت موازی و به فواصل تقریباً یکسان از همدیگر برونزد یافته اند. این دایک ها دارای بافت های پورفیری، گلومروپورفیری و میکرولیتی - پورفیری می باشند و درشت بلورهایی از پلاژیوکلاز و پیروکسن را شامل می شوند که در زمینه ای از میکرولیت های پلاژیوکلاز همراه با ریزبلورهای پیروکسن و کانی های اپک قرار گرفته اند. اسفن و کانی های اوپک از کانی های فرعی این سنگ ها به حساب می آیند. اپیدوت به همراه کلسیت، اسفن و کانی های رسی هم به عنوان کانی ثانویه در این سنگ ها شناسایی شده اند.

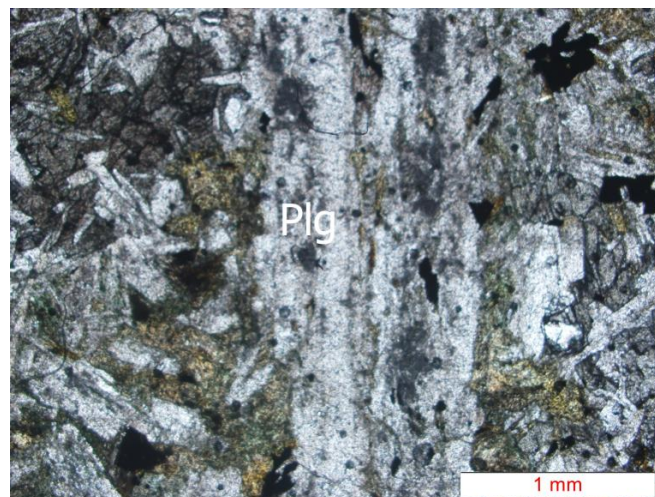
۳-۲ - کانی های اصلی

کانی های اصلی سازنده این سنگ ها عبارتند از: پلاژیوکلاز، پیروکسن و هورنبلند به مقدار کم.

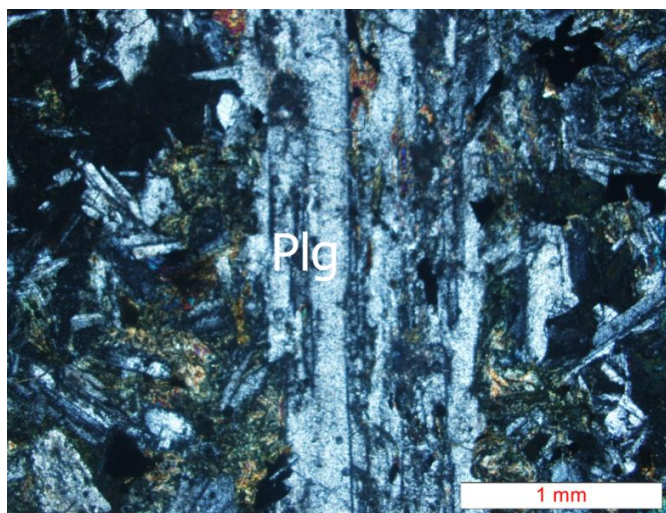
- **پلاژیوکلاز** بارزترین و فراوان ترین کانی اصلی این دایک های دیابازی می باشد. بلورهای آن شکل دار تا نیمه شکل دار بوده و بصورت درشت بلور در بین کانی های دیگر قرار می گیرد. این کانی با ماکل های پلی-سینتتیک و آلبیت- کارلسباد و منطقه بندی ترکیبی به راحتی قابل شناسایی است. در طی دگرشکلی پلاژیوکلازها، این کانی از حاشیه به دانه های ریز تخریب شده اند و به عبارتی دانه ریز یا ساب گرین گردیده است (شکل ۳-۲ الف تا ج). با توجه به مقادیر نورماتیو An و Ab ترکیب تقریبی پلاژیوکلازها دارای ۳۹ تا ۶۹ درصد آنورتیت می باشد و از نوع آندزین- لابرادور می باشد.



الف



ب



ج

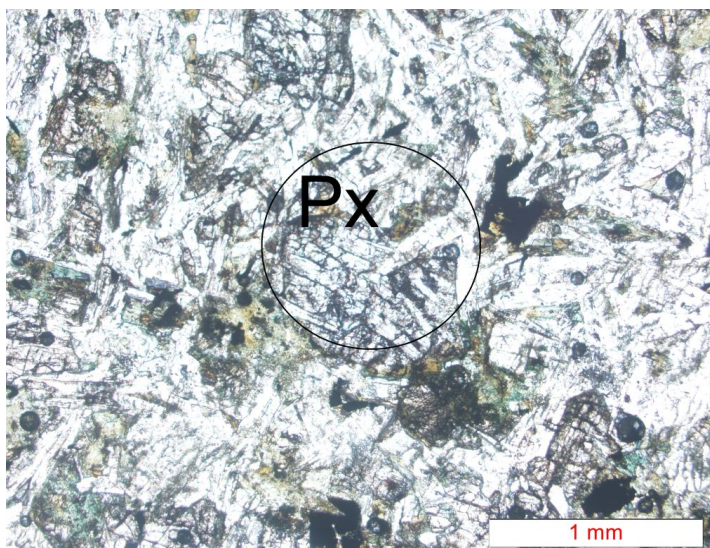
شکل ۳-۲- الف تا ج) تصاویر میکروسکوپی مبین حضور پلاژیوکلاز در دایک های دیابازی که. به ترتیب گرفته شده از مقاطع نازک متعلق به ایستگاههای اول، چهارم و دهم نمونه برداری گرفته شده است.

- پیروکسن:

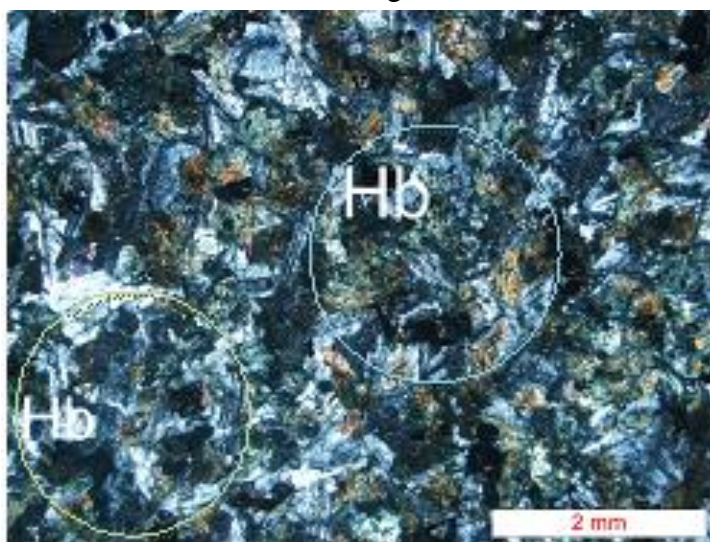
پیروکسن فراوان‌ترین کانی مافیک سازنده این دسته از سنگ‌ها است. به علت فراهم بودن شرایط لازم برای رشد آنها غالباً دارای شکل منظم می‌باشند. منطقه بندی ترکیبی و رنگی و رنگ‌های تقریباً شاد تداخلی سری دوم و سوم و داشتن ادخال‌هایی از مگنتیت و پلاژیوکلاز از ویژگی‌های بارز پیروکسن‌های این سنگ‌ها می‌باشند. اندازه فنوکریست‌های پیروکسن به حداکثر ۴ میلی‌متر می‌رسد (شکل ۳-۳). پیروکسن‌های ریز دانه نیز در زمینه سنگ به وفور یافت می‌شوند. پیروکسن‌های موجود در این دایک‌ها هورنبلند سبز و تیتانواوژیت هستند. البته با توجه به رنگ و چند رنگی آنها مقادیر Ti نباید خیلی زیاد باشد. برخی از بلورهای پلاژیوکلاز که بصورت ادخال در پیروکسن‌ها یافت می‌شوند به موازات حاشیه رشد بلور آرایش پیدا کرده‌اند. اغلب بلورهای پیروکسن سالم بوده و دگرسان نشده‌اند.

-هورنبلند سبز

یکی دیگر از کانی‌های تشکیل دهنده این دایک‌ها هورنبلند سبز می‌باشد. بلورهای هورنبلند سبز شکل - دار تا نیمه‌شکل‌دار هستند و به صورت کشیده و یا تجمعات دانه‌ریز دیده می‌شوند. برخی از بلورهای هورنبلند سبز در اثر دگرسانی به کلریت، اسفن، اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن نظیر هماتیت دگرسان شده است. یادآوری می‌کنیم که در مقایسه با اوژیت فراوانی هورنبلند سبز کمتر است.



شکل ۳-۳- الف



شکل ۳-۳- ب

شکل ۳-۳- تصاویری از بلورهای ریز و کشیده پیروکسن و هورنبلندهای سبز رنگ ریز در زمینه سنگ. الف- مقطع نازک نمونه از ایستگاه هفتم ، ب- مقطع نازک نمونه از ایستگاه شماره ۱۱

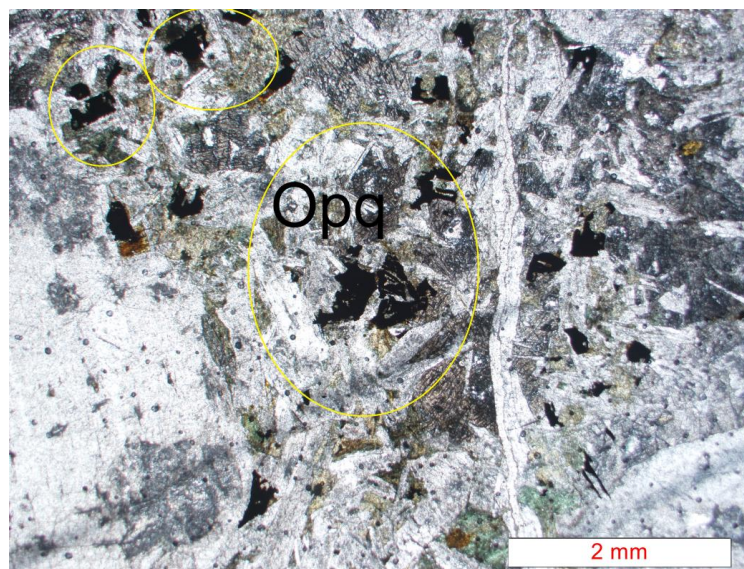
۳-۳- کانی‌های فرعی

کانی‌های فرعی سازنده دایک‌های دیابازی عبارتند از: اسفن و کانی‌های اوپک.

- **اسفن:** اسفن فراوان‌ترین و مهمترین کانی فرعی این سنگ‌هاست که به دو صورت اولیه و ثانویه در دایک‌های دیابازی یافت می‌شود. اسفن‌های اولیه معمولاً دانه درشت‌تر بوده و شکل کامل‌تری دارند. اسفن به صورت اذخال در بیوتیت و گاه در سایرکانی‌ها نظیر پلاژیوکلاز یافت می‌شود ولی اسفن‌های ثانویه کاملاً بی‌شکل و دانه‌ریز هستند و حاصل دگرسانی اوژیت، هورنبلند سبز و مگنتیت می‌باشند.

- کانی‌های اوپک

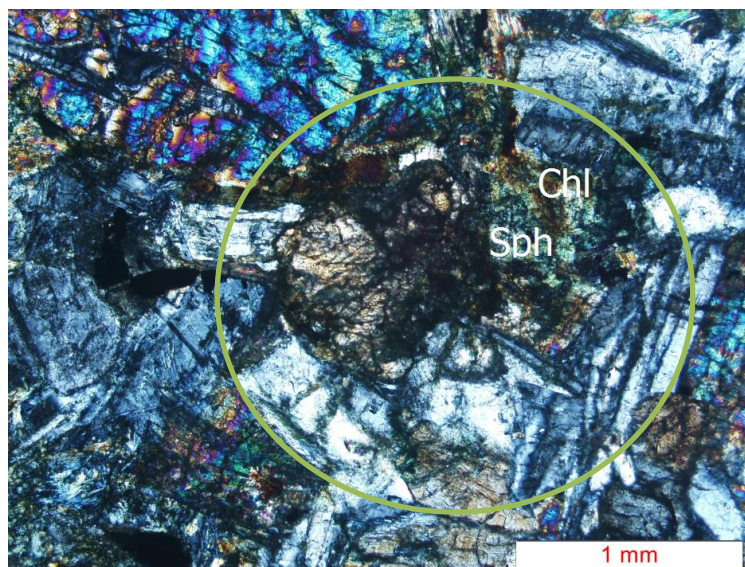
مگنتیت و مگنتیت تیتانیوم‌دار یا تیتانومگنتیت فراوان‌ترین کانی‌های اوپک موجود در این سنگ‌ها هستند. اندازه آن‌ها از چند صدم میلی‌متر تا حدود ۲ میلی‌متر متغیر است. این کانی‌های اوپک عمدتاً در زمینه سنگ مشاهده می‌شوند. این کانی‌ها به صورت اذخال در پلاژیوکلاز و پیروکسن‌ها یافت می‌شوند (به اشکال ۳-۴ تا ۳-۶ نگاه کنید).



شکل ۳-۴- تصویری از حضور کانی‌های اوپک در سنگ‌های دیابازی (نور عادی).



شکل ۳-۵- تصویری از مگنتیت اسکلتی که در مرکز تصویر مشاهده می‌شود.



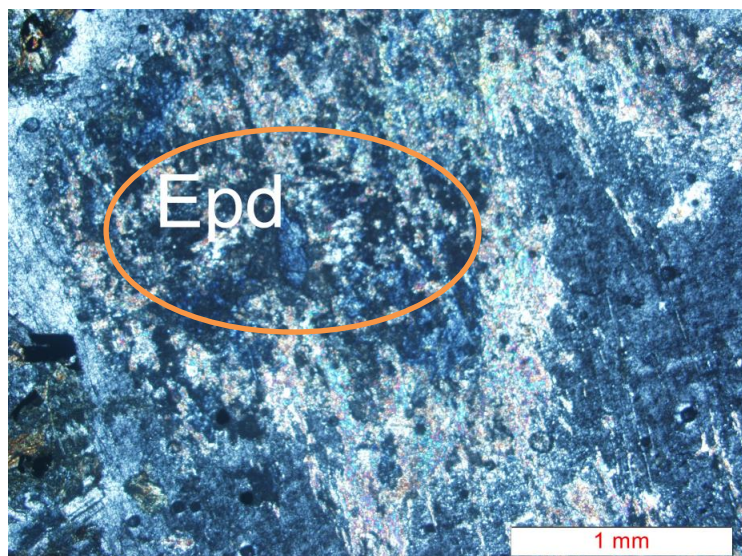
شکل ۳-۶- تصویری از دگرسانی اوژیت به اسفن و کلریت.

۳-۴- کانی‌های ثانویه:

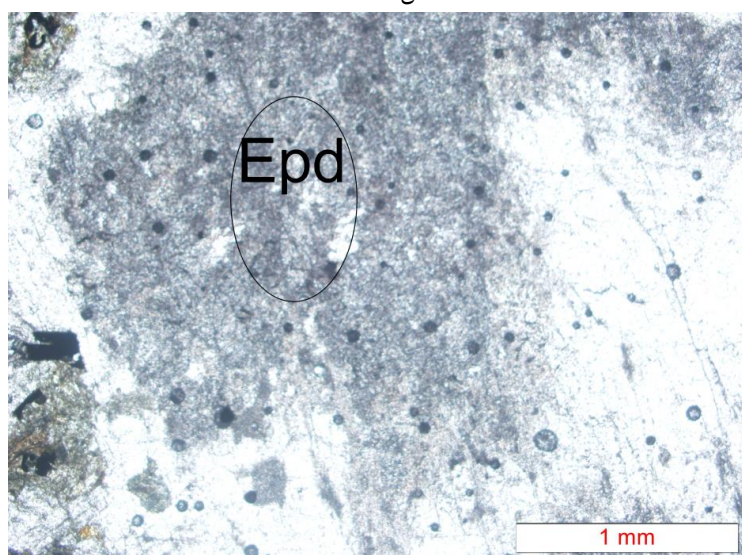
کانی‌های ثانویه سنگ‌های دیابازی عبارتند از: اپیدوت، اسفن، کلسیت و کانی‌های رسی.

- **اپیدوت** از دگرسانی پلاژیوکلاز حاصل شده است. اپیدوت‌ها غالباً ریز دانه هستند و بر روی پلاژیوکلازها رشد کرده‌اند.

- **اسفن**‌های ثانویه از دگرسانی کانی‌های مافیک نظیر اوژیت، هورنبلند سبز و همچنین کانی‌های اوپک تیتانیوم دار حاصل شده و غالباً بی‌شکل و دانه‌ریز می‌باشند. لازم به ذکر است در برخی موارد کلسیت و کانی‌های رسی نیز یافت می‌شوند. کلسیت از تخریب پلاژیوکلازها و گاه کانی‌های مافیک کلسیم دار حاصل شده است. کانی‌های رسی از تخریب پلاژیوکلازها حاصل شده اند.



شکل ۳-۷- الف



شکل ۳-۷- ب

شکل ۳-۷- تصویری از حضور اپیدوت به عنوان کانی فرعی در دایک‌های دیابازی الف- در نور پلاریزه متقاطع، ب- در نور پلاریزه عادی.

۳-۵- نتایج حاصل از مطالعات پتروگرافی

پس از بررسی‌های پتروگرافی و مطالعات مقاطع تهیه شده از دایک‌های قطع کننده مجموعه دگرگونی- آذرین دلبر که هدف اصلی این تحقیق می‌باشد مشخص شد که ترکیب اصلی این دایک‌ها دیابازی بوده و دارای کانی‌های اصلی پلاژیوکلاز و پیروکسن و به مقدار کمتر هورنبلند سبز می‌باشند. این سنگ‌ها دارای بافت‌های پورفیری و گلومروپورفیری می‌باشند و درشت بلورهای پلاژیوکلاز و پیروکسن را شامل می‌شوند حضور نسبتاً زیاد اوژیت و مقداری هورنبلند سبز کمبود SiO_2 در این دایک‌ها را توجیه می‌کند. اسفن و کانی‌های اوپک از کانی‌های فرعی این سنگ‌ها به حساب می‌آیند. اپیدوت به همراه کلسیت، اسفن و کانی- های رسی هم به عنوان کانی ثانویه در این سنگ‌ها شناسایی شده اند.

فصل ۴

معرفی روش فابریک مغناطیس

پتروگرافی، ژئوشیمی، پترولوژی و پتروژنز دایک‌ها به خصوص انواع دارای ترکیب بازیک به طور متعارف کانون توجه بسیاری از محققین زمین‌شناس، به ویژه پترولوژیست‌ها می‌باشد لیکن بررسی سازوکار جایگیری و تعیین شکل این دسته از سنگ‌ها از جمله مسائل مهمی است که کمتر به آن توجه شده است. در گذشته برای مشخص ساختن نحوه جایگیری توده‌هایی مثل گرانیت‌ها 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 قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی (Anisotropy of Magnetic Susceptibility) استفاده می‌شود، که به اختصار، به روش AMS یا فابریک‌های مغناطیسی معروف است. روش ناهمگنی قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی، یکی از روش‌های مطالعاتی جدید است که بر اساس اندازه‌گیری پارامترهای مغناطیسی یا تقلیل فابریک‌های مغناطیسی نمونه‌های سنگی استوار است (تارلینگ و هرودا^۱، 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 ۱۹۵۰ برمی‌گردد که گراهام^۲ در مقاله‌ای تحت‌عنوان "استفاده از ناهمگنی قابلیت 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 قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی در بسیاری از بخش‌های زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی مفید است. از آغاز سال

^۱- Tarling and Hrouda

^۲- Graham

۱۹۵۰ روش انیزوتروپی قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی به عنوان یک ابزار مفید در علم پتروفابریک 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^۳، 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^۴، ۱۹۶۱)، سنگ‌های رسوبی (گراهام ۱۹۶۶)، سنگ‌های آذرین (استیجی^۵، ۱۹۶۰) و سنگ‌های دگرشکل شده (هارگریوز و فیشر^۶، ۱۹۵۹ و فولر^۷، 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 زیست محیطی، زمین‌شناسی اقتصادی، کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی و به ویژه تعیین سازوکار جایگیری توده‌های آذرین 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 که در موارد بسیاری عامل ایجاد انیزوتروپی مغناطیسی کانی‌های پارامغناطیس می‌باشد رسیدند (هونداسلو^۸، ۱۹۸۵؛ برادیال^۹ و همکاران، ۱۹۸۵، ۱۹۸۶؛ لونبرگ و همکاران^{۱۰}، ۱۹۹۹ و هیرت و همکاران^{۱۱}، ۲۰۰۰). بنابراین در زمینه انجام روش انیزوتروپی مغناطیسی بر اساس کانی‌های پارامغناطیسی علاقه‌مندی فزاینده‌ای ایجاد گردید (هرناندز، ۲۰۰۲). روش قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی (AMS) در واقع یک خاصیت و استعداد فیزیکی در سنگ‌ها است که در علم پتروفابریک و مطالعات

3- Hernandez et.al.

4- Rees

5- Stagey

6 - Hargraves and Fischer

7- Fuller

7- Hounslow

9- Borradaile

10- Lüneburg et.al.

11- Hirt et.al

ساختاری استفاده می‌شود. AMS از جهت‌یابی ترجیحی کانی‌های 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^{۱۲} ۲۰۰۲).

روش AMS با طیف گسترده‌ای از کاربردها و استفاده‌های بی‌شماری در علوم وابسته به زمین بسیار مفید 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 تشخیص باشد. بنابراین مسیرهای تحقیقاتی جدیدی با این روش گشوده شد که از لحاظ زمانی هم با صرفه است (بوشه و همکاران، ۱۹۹۲).

برگواره‌ها و خطواره‌های حاصل از جهت‌یافتگی کانی‌های سازنده توده‌های نفوذی مثل دایک‌ها در قالب علم پتروفابریک مورد مطالعه قرار می‌گیرد. بررسی قابلیت پذیرفتاری 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 کتب و مقالات بسیار زیادی درباره آن چاپ شده و آزمایشگاه‌های زیادی در سراسر دنیا، پیرامون این روش و موضوعات

12 - Bouchez et.al.

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 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 بعد، با فراهم شدن امکانات اندازه‌گیری ویژگی‌های مغناطیسی سنگ‌ها در آزمایشگاه محیط و دیرینه مغناطیس در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و در آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود، امکان انجام مطالعه فابریک‌های مغناطیسی و دیرینه-مغناطیس سنگ‌ها در ایران مهیا گردیده است. بررسی سازوکار جایگیری توده گرانیتوئیدی ظفرقند به روش قابلیت پذیرفتاری 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. پژوهش حاضر بر روی تعداد وسیعی از دایک‌های دیابازی در مجموعه آذرین، دگرگونی دلبر-بیارجمند صورت پذیرفته است و همچنین نخستین مطالعه صورت گرفته روی دایک‌ها در ایران و در دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. 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).

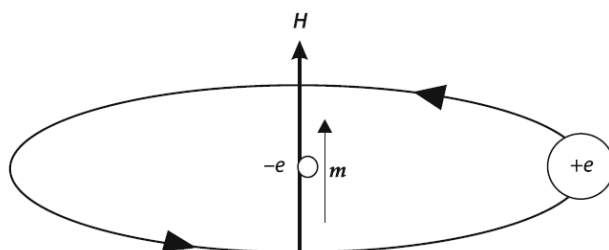
از این رو، این مطالعه تحقیقی بسیار نو و منحصر به فرد می‌باشد و سرآغاز راهی است که ادامه آن می‌تواند نتایج با ارزشی در شناخت زمین‌شناسی ایران همراه داشته باشد. لازم به ذکر است که مقالات متعددی پیرامون بررسی‌های AMS در مورد دایک‌ها به چاپ رسیده است که هر یک از آنها اطلاعات و نتایج جالبی در مورد توده‌ای دایک در مناطق مختلف زمین‌شناسی بدست آورده‌اند. از مهم‌ترین آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

✓ Mattei و همکاران (۲۰۰۲)، دایک‌های ریولیتی به وسعت ۸ کیلومترمربع در جزیره Ponza در ایتالیا را مورد مطالعه قرار داده‌اند و جهت جریان و حرکت ماگما را توسط فابریک مغناطیس مورد مطالعه قرار داده‌اند. آنها با توجه به پی بردن به افقی بودن جریان گدازه و توزیع افقی ماگما در منطقه مطرح کرده‌اند که این دایک‌ها از گنبد های با عمق کم با منشا گوشته ای تغذیه شده‌اند.

✓ E.Massimi و همکاران (۲۰۰۶)، ویژگی‌های سینماتیک یک کمپلکس دایکی در کوه Somma که یکی از مخروطهای آتشفشان وزوو محسوب می‌شود را در ایتالیا مورد بررسی قرار داده‌اند. دایک‌های این ناحیه از گسترش مناسبی برخوردار می‌باشند. در این ناحیه از روش AMS جهت تعیین ویژگی های سینماتیک دایک‌هایی استفاده شده است که ضخامت متوسط ۱,۱۷ متر را دارا می‌باشند. در این میان آنالیزهای AMS روی ۱۹ دایک صورت گرفته است و نتایج حاصل بدین گونه بوده است که سیزده دایک جهت جریان عمود در راستای افقی را نشان می‌دهند در حالیکه شش تای دیگر توزیع نیمه افقی و مورب ماگما را در طبقات نشان می‌دهند. با توجه به شواهد حاصل بیان شده است که یک گسترش و پخش شدگی جانبی و پهلویی ماگما در امتداد لایه های پیرامون دایک‌ها به وقوع پیوسته 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.



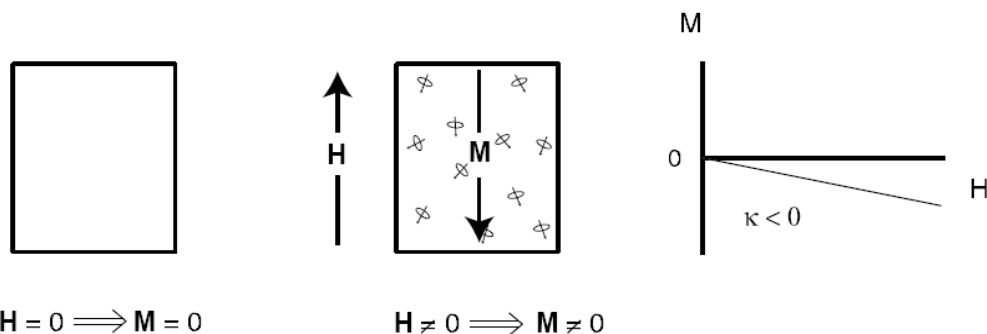
شکل ۴-۱- چرخش الکترون در اطراف هسته باعث ایجاد میدان مغناطیسی H می‌شود (هرناندز، ۲۰۰۲).

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 القایی جسم، ارتباط معکوس وجود دارد (شکل ۴-۲). 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.

قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی کلی کانی‌های دیامغناطیس پایین است از این رو در صورت حضور کانی‌های پارامغناطیس و فرومغناطیس از میزان پذیرفتاری 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 کورو^{۱۳}، ۱۹۸۸).



شکل ۴-۲- رفتار مواد دیامغناطیس الف- در غیاب میدان مغناطیسی ب- هنگام اعمال میدان مغناطیسی ج- تغییرات مغناطیس پذیری به عنوان تابعی از شدت میدان اعمال شده (لوری^{۱۴}، ۱۹۹۷).

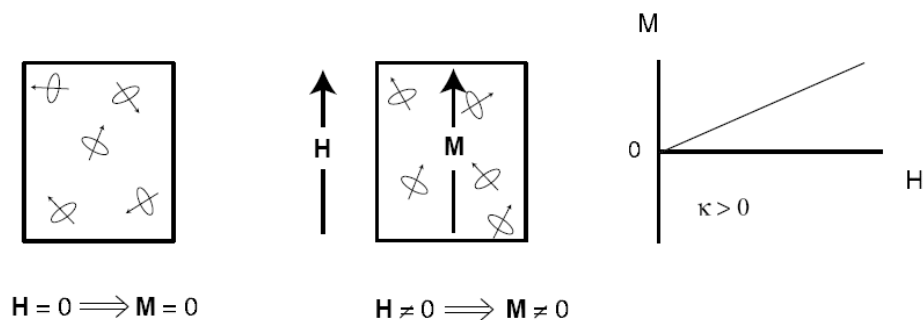
۴-۲-۲- پارامغناطیس

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 گشتاورهای اتمی مجاور) و مغناطیس‌شدگی القائی (M) به موازات میدان اعمال شده (H) ایجاد

13 -Robinson and Coruh

14- Lowrie

می‌کنند (شکل ۴-۳). در اینجا نیز مشابه مواد دیامغناطیس وقتی که میدان مغناطیسی بازگشت کند، مغناطیس‌شدگی القائی به سمت صفر کاهش می‌یابد. فایالیت (Fe_2SiO_4) یکی از کانی‌های معروف پارامغناطیس است که در دمای اتاق دارای پذیرفتاری 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 پذیرفتاری 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 μSI ۵۰۰ تا ۱۰۰) می‌باشد. قابلیت پذیرفتاری 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^{۱۵}، ۲۰۰۶).

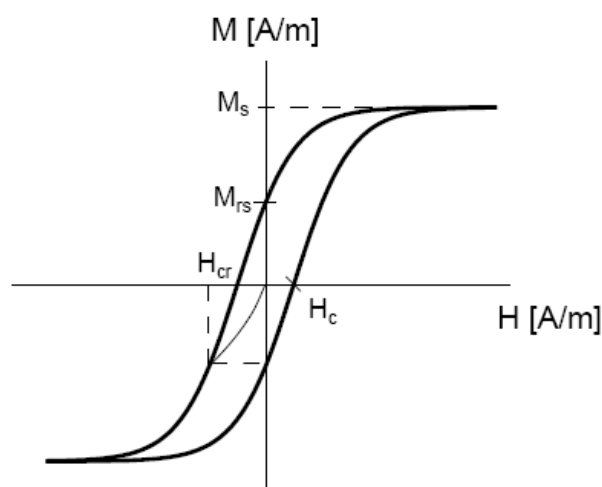


شکل ۴-۳- رفتار مواد پارامغناطیس الف- در غیاب میدان مغناطیسی ب- هنگام اعمال میدان مغناطیسی ج- تغییرات مغناطیس-پذیری به عنوان تابعی از شدت میدان اعمال شده (لوری ۱۹۹۷).

¹⁵- Lanz and Meloni

۴-۲-۳- فرومغناطیس: مواد فرومغناطیس دارای اسپین‌های غیر خنثی شبیه به مواد پارامغناطیس

هستند. 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^{۱۶} (M_S)، می‌باشد (شکل ۴-۴). اشباع‌شدگی مغناطیسی با افزایش دما کاهش می‌یابد و در دمای کوری^{۱۷} (T_c) 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.

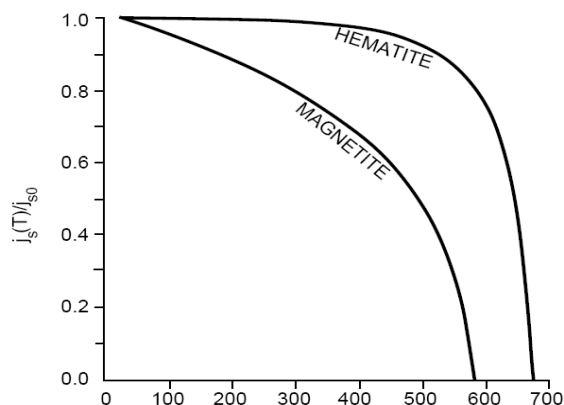


شکل ۴-۴- دیاگرام حلقه پسماند. نقطه M_S اشباع‌شدگی مغناطیسی را نشان می‌دهد که در این نقطه تمام گشتاورهای مغناطیسی

¹⁶- Magnetic saturation

¹⁷- Curie temperature

هم جهت با میدان اعمال شده می‌باشند. با کاهش میدان (H) در این نقطه منحنی به H_C برگشت می‌کند. مغناطیس پسماند (M_r) می‌باشد. با اعمال میدان مغناطیسی مخالف (H_C)، مغناطیس‌شدگی M در جهت منفی کامل شده و با اعمال میدان موافق اشباع‌شدگی به سمت مثبت دور می‌زند (هرناندز، ۲۰۰۲).

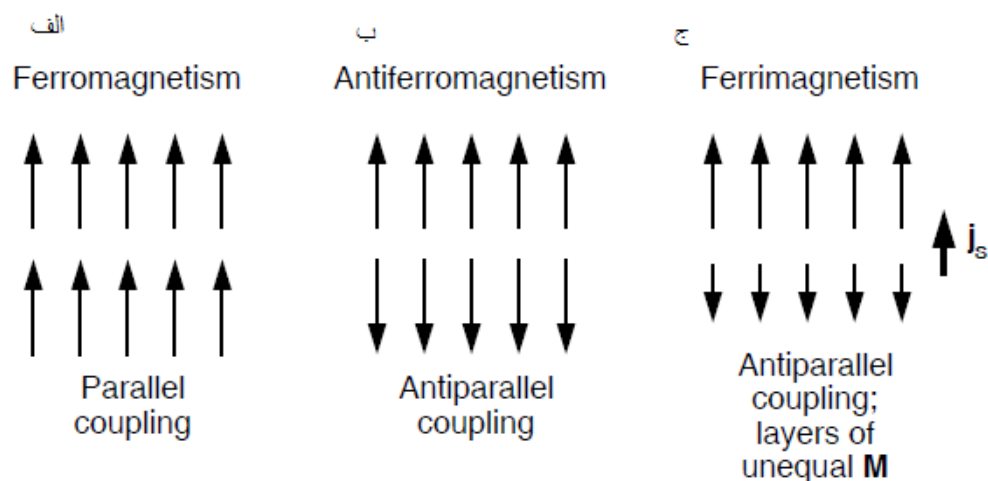


شکل ۴-۵ - اشباع‌شدگی مغناطیسی نرمالایزه شده در مقابل دما برای مگنتیت و هماتیت. M_{SO} ، اشباع‌شدگی مغناطیسی در دمای اتاق می‌باشد که برای هماتیت حدود ۲ گوس و برای مگنتیت ۴۸۰ گوس است (باتلر، ۱۹۹۸)

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^۱ 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 بلورشناسی بستگی دارد، میزان همپوشانی اوربیتال (و در نتیجه انرژی تبادل) نیز به جهت بلورشناسی وابسته است. در نتیجه انیزوتروپی مگنتو کریستالین و تبادل انرژی وابسته به جهت بلورشناسی مغناطیس‌شدگی است. انیزوتروپی مگنتو کریستالین، منبع عمده پایداری برای پالئومغناطیس در سنگ‌ها می‌باشد (باتلر، ۱۹۹۸). انرژی تبدالی ممکن است هر دو نوع جفت‌شدگی تبدالی همسو یا ناهمسو را ایجاد کند.



شکل ۴-۶: 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 (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

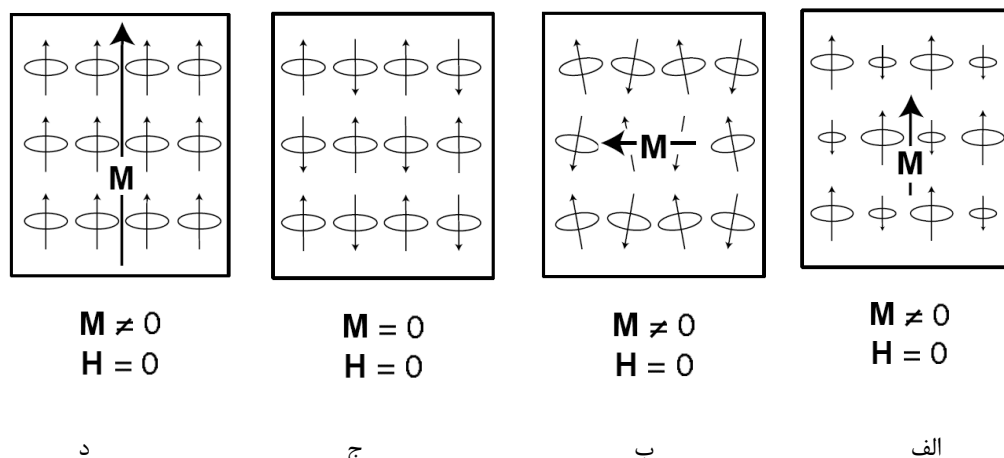
1- magneto crystalline easy direction

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. کانی‌های آنتی فرومغناطیس مثل هماتیت (Fe_2O_3) و گوتیت ($\text{FeO}(\text{OH})$) در حوزه مغناطیسی شبیه مواد خنثی رفتار می‌کند و در اندازه‌گیری پذیرفتاری مغناطیسی، زیاد تأثیرگذار نمی‌باشند یا به عبارتی دارای پذیرفتاری 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. 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 کورو، ۱۹۸۸).

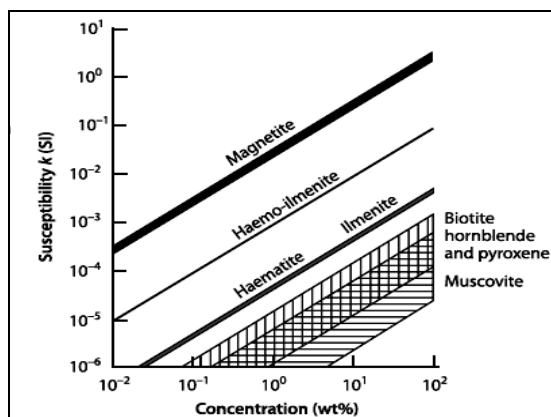
اصطلاح فرومغناطیس به جامداتی با جفت‌شدگی همسوی گشتاورهای مغناطیسی اتمی مجاور اطلاق می‌شود (شکل ۴-۷-الف). حالت‌هایی که در شکل ۴-۷ ب و ج رسم شده است، بیانگر جفت‌شدگی همسوی درون لایه‌ای گشتاورهای مغناطیسی اتمی و اما جفت‌شدگی ناهمسوی بین لایه‌ای می‌باشد. چنانچه لایه‌ها دارای گشتاور مغناطیسی مساوی باشند، 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 قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی قوی و مثبت در حدود 10^4 تا $10^7 \mu SI$ 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 ۵٪ درصد) در سنگ حضور دارند. با این حال، در صورتی که مقدار مگنتیت بیشتر از 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^{۱۸}، ۱۹۹۱). شکل ۴-۸ نمودار پذیرفتاری مغناطیسی برحسب SI در مقابل میزان کانی‌های فرومغناطیس و پارامغناطیس (برحسب درصد وزنی) را نشان می‌دهد. مگنتیت به عنوان یک کانی فرومغناطیس می‌تواند پذیرفتاری مغناطیسی در حد بالایی را از خود نشان 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).

¹⁸- Hrouda and Kahan



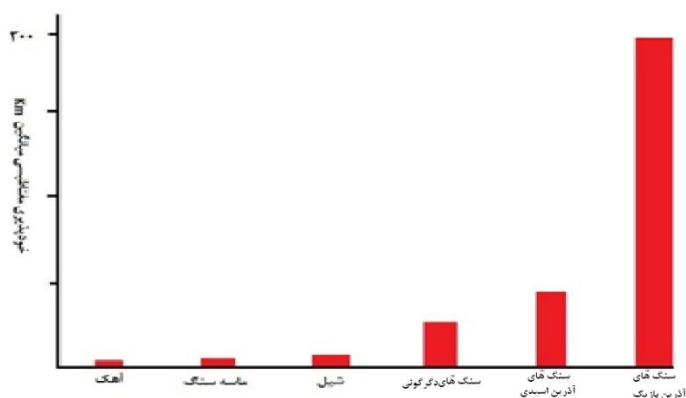
شکل ۴-۸- نمودار خودپذیری مغناطیسی بر حسب SI در برابر میزان کانی‌های فرومغناطیس و پارامغناطیس که بر حسب درصد وزنی عنوان شده‌اند. توجه نمایید که مگنتیت چقدر می‌تواند حساسیت مغناطیسی را افزایش دهد (هرودا و کاهان، ۱۹۹۱).

۴-۳- عوامل تاثیرگذار بر پذیرفتاری 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°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 پذیرفتاری 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 پذیرفتاری مغناطیسی سنگ‌ها می‌شود، برای مثال از این جهت که 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 پذیرفتاری مغناطیسی کانی‌های سازنده سنگ‌ها بیشتر باشد، میزان خودپذیری مغناطیسی آن‌ها بیشتر خواهد بود. در طبیعت سنگ‌های رسوبی از پایین‌ترین و سنگ‌های آذرین از 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 پذیرفتاری مغناطیسی در سنگ‌های آذرین بازیک 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^{۱۹} و همکاران، ۱۹۸۰؛ چاپل و وایت^{۲۰}، ۲۰۰۱). هرچه درصد حجمی کانی‌های فرومغناطیس از جمله مگنتیت در سنگ بیشتر باشد، خودپذیری مغناطیسی آن نیز بیشتر می‌شود. اما گرانیت‌ها و گرانودیوریت‌های نوع ایلمنیت (S) (ایشیهارا^{۲۱}، ۱۹۷۷) به علت عدم حضور مگنتیت و وجود کانی‌های پارامغناطیسی چون بیوتیت و ایلمنیت از میزان پذیرفتاری مغناطیسی پایین‌تری (500 تا $100 \mu SI$) برخوردارند.



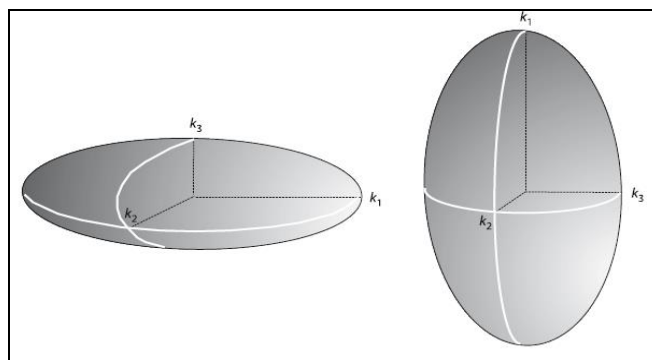
شکل ۴-۹- میزان خودپذیری مغناطیسی در برابر ترکیب سنگ‌شناسی. (بوشه، ۱۹۹۷، بازسازی شده).

19-Takahashi

20-Chappell & White

21- Ishihara

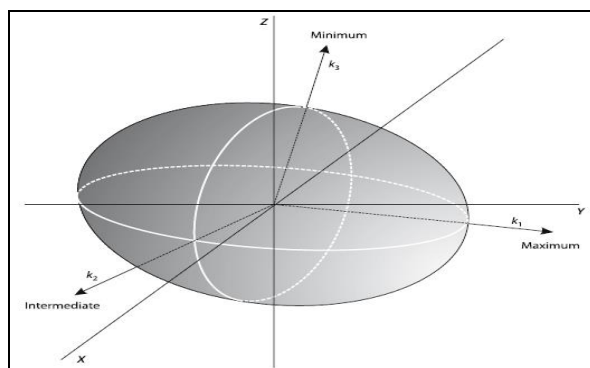
برای اندازه‌گیری میزان مغناطیس‌شدگی سنگ یا به عبارتی حاصل نسبت بین مغناطیس‌شدگی و شدت میدان از دستگاه مغناطیس‌سنج استفاده می‌شود. از چندین سال پیش تاکنون دستگاه‌های مغناطیس تحولات عمده‌ای را پشت سر گذاشته‌اند و روز به روز دقیق‌تر، سریع‌تر و حساس‌تر شده‌اند. دستگاه MFK1-FA دستگاه مغناطیس‌سنجی است که در این پژوهش از آن استفاده شده است. این دستگاه قادر به اندازه‌گیری قابلیت پذیرفتاری 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 اتم‌ها 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 مغناطیس‌کننده 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 ۳بعدی به صورت یک بیضوی تجسم می‌شود که به بیضوی مغناطیسی معروف است. (به اشکال ۴-۱۰ و شکل ۴-۱۱ مراجعه شود).



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

الف: بیضوی مغناطیسی دوکی یا سیگاری شکل.

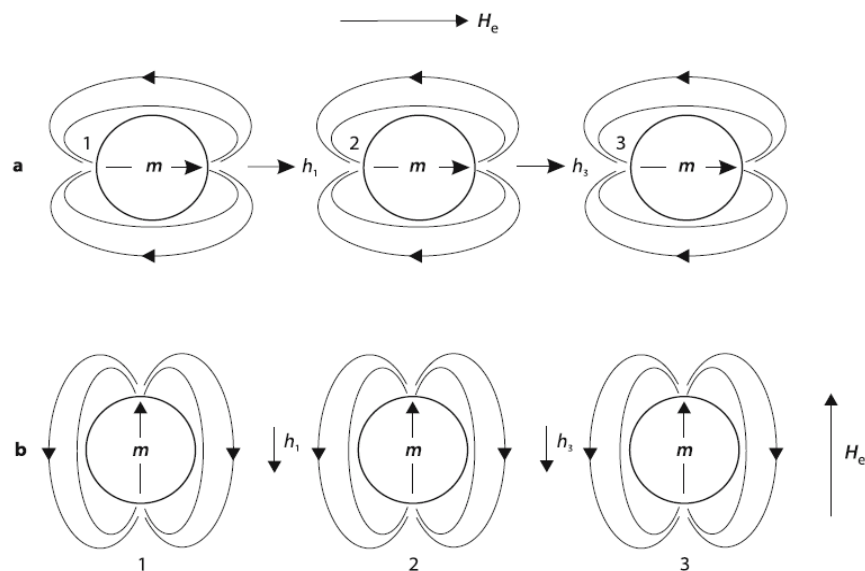
ب: بیضوی مغناطیسی کلوچه‌ای شکل.



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

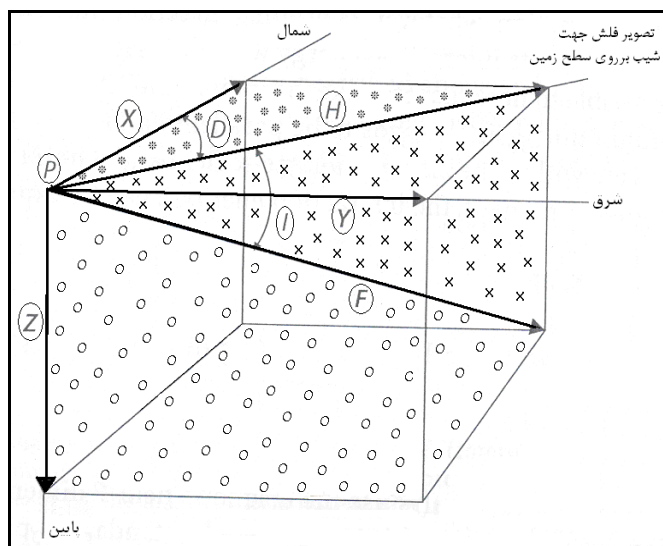
اگر میزان توانایی پذیرفتاری مغناطیسی یک جسم بالاتر باشد، میزان مغناطیس شدگی آن نیز بیشتر است. این مقدار K یا همان ثابت تناسب است. M و H دارای یک واحد (Ampere/Meter) هستند از این رو K بدون واحد است و در دستگاه استاندارد بین المللی برحسب SI و یا μSI تعریف می شود. بنابراین میزان K ، فقط به نوع ماده بستگی 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 پذیرفتاری مغناطیسی خواهد بود (شکل ۴-۱۲ الف). اما وقتی H در جهت عمود بر

ترتیب قرارگیری ذرات باشد کمترین مقدار پذیرفتاری 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.

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 (شیب یا Inclination) و زاویه محور H با محور X معرف جهت شیب یا (Declination) می‌باشد.



شکل ۴-۱۳- فضای سه‌بعدی تجسمی جهت نشان دادن وضعیّت معرفّ 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 Z, Y, X 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 نمونه برداری

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 نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ عباس آباد (خلعتبری) و تصاویر ماهواره‌ای یک الگوی نمونه‌برداری اولیه از

دایک‌ها 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 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. با توجه به اهمیت نوع برداشت و دقت در پارامترهایی مثل فاصله مشخص برداشت مغزه‌ها، نزدیک نبودن ایستگاههای برداشت مغزه و ... باید برداشت‌ها اصولی و طبق روش‌های مربوط به دایک‌ها صورت گیرد. به دلیل اجرای بررسی‌های مربوط به تعیین موقعیت جغرافیایی دیرین و آزمایش‌های مرتبط با پالئومغناطیس باید تنوع جابجایی برداشت مغزه‌ها را لحاظ کنیم به بیان ساده‌تر برداشت کلی مغزه‌ها بدون پراکندگی صحیح جواب مطلوب را به ما نخواهد داد. در این روش، نمونه‌های یا مغزه‌ها در صحرا به وسیله 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 دایک‌های مد نظر واقع در مجموعه دلبر 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 هوازگی آن اطمینان حاصل شود. در مرحله بعد به کمک مژیک 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 ۳۵۰ دلار) 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 را زیاد می‌کند.



الف

ب

شکل ۴-۱۴- الف دستگاه مغزه گیر و نحوه مغزه گیری. ب- خط راهنما و محل حفاری مغزه.

بعد از کنترل دستگاه، موتور را روشن کرده و شیر آب را باز می‌کنیم سر متۀ 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 متۀ به اندازه کافی در سنگ فرو رفت متۀ 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 آزمون و میل 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، آزمون و میل مغزه را اندازه‌گیری می‌کنیم (شکل ۴-۱۵). آزمون شیب مغزه از ۰ تا ۳۶۰ درجه و مقدار میل نیز از ۰ تا ۹۰ درجه تغییر می‌کند. 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 ۰،۹۰ یادداشت می‌کنیم.



الف

ب

ج

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

بعد از یادداشت میل و جهت میل 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 تراز یاب، این علامت را بر روی مغزه منتقل می‌کنیم به طوری که این محل بر روی بخش بالایی مغزه آزمون 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 آزمون 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 بالا و با اهمیتی برخوردار هستند و از هر گونه تفسیر نادرست جلوگیری می‌نماید.



ج



ب

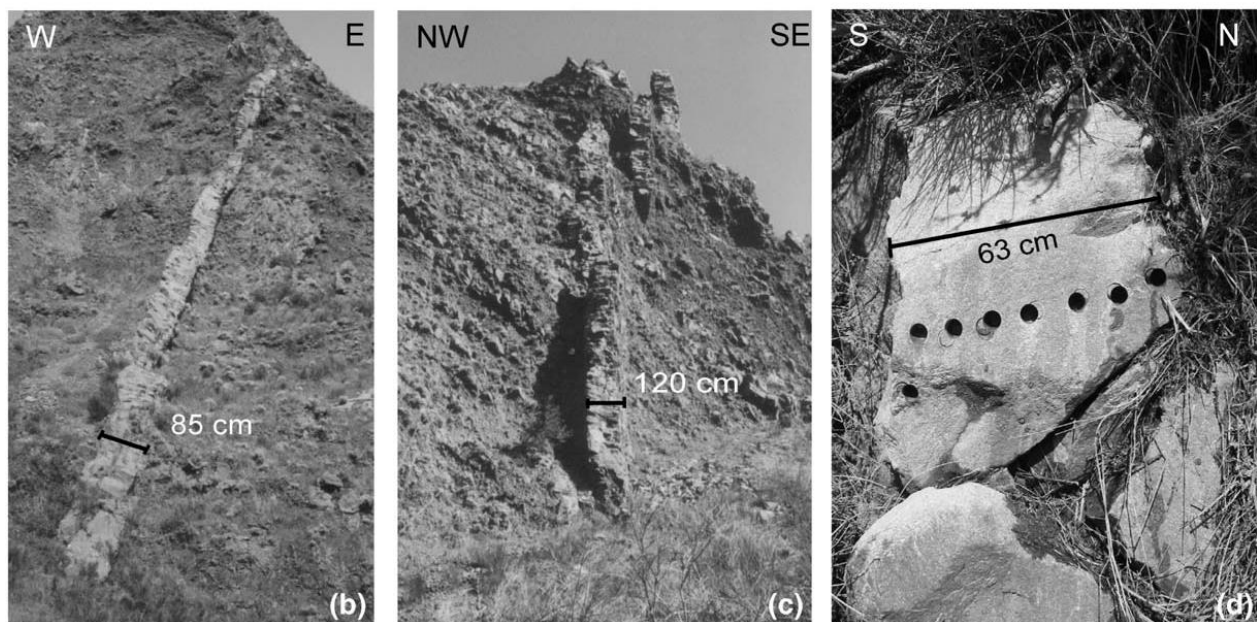


الف

شکل ۴-۱۶- تصاویری از مراحل مختلف برداشت مغزه‌های جهت‌دار در صحرا. الف- نحوه خارج ساختن مغزه از زمین بعد از اندازه‌گیری و مشخص کردن شیب و جهت شیب ب- نحوه استفاده از نیم لوله 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

پنج متر یا حتی کمتر از ۵ متر باشد. مختصات جغرافیایی ثبت شده، جهت تعیین موقعیت ایستگاه-های 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 ما 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 ۱۰ مغزه از هر ایستگاه لازم است 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. نمونه‌برداری جهت مطالعات AMS و پالئومغناطیس در دایک‌ها باید به طور سیستماتیک انجام گردد. در زیر توضیحات بیشتری ارائه شده است. نمونه-برداری یا مغزه‌گیری از دایک‌ها باید عمود بر امتداد دایک و با فواصل تقریباً مساوی از یکدیگر انجام شود. در ضمن شیب دیواره دایک در دو طرف آن اندازه‌گیری می‌شود و نقشه شماتیک کوچکی از نحوه نمونه‌گیری و شمار مغزه‌ها تهیه می‌شود تا در مطالعات بعدی از آن استفاده شود. طبق مطالعات گسترده انجام شده در مورد دایک‌ها در کشورهایی از قبیل ایتالیا؛ سوئیس و روش واحدی برای مطالعات مختص دایک‌ها بدست آمده است که برای نخستین بار در ایران ما ایستگاه‌های نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه را بر اساس این روش اندازه‌گیری نموده‌ایم. برای مثال، شکل ۴-۱۷ نمونه‌گیری سیستماتیک دایک‌های منطقه Vesuvius را نشان می‌دهد و شکل ۴-۱۸ نمونه‌گیری از دایک‌های دیابازی منطقه دلبر-بیارجمند را به روش سیستماتیک نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۷- اندازه گیری سیستماتیک دایک های ریولیتی منطقه Vesuvius در ایتالیا توسط Mattie و همکاران (۲۰۰۶)



الف ب

شکل ۴-۱۸- تصاویری از مغزه گیری سیستماتیک از یک دایک دیابازی در منطقه دلبر . مغزه گیری عمود بر امتداد دایک و با فاصله تقریباً ۲۰ سانتی متری انجام شده است.

نمونه برداری این تحقیق در طی ۳ مرحله زمانی، از شهریور ۹۰ تا خرداد ۹۱ انجام گرفت. پس از عملیات نمونه برداری، تعداد ۲۰۰ مغزه جهت دار بدست آمد. این مغزه ها به کارگاه برش سنگ دانشکده

علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود انتقال یافت. سپس هر مغزه به ۳ الی ۴ 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 متعلق به ایستگاه ۴ به اسامی B4C2 و B4D1 و تغییر نام می‌یابد که بعد از برش، بر روی هر نمونه، با ماژیک 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 ۱/۱۰ 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 اسید-شویی باید دقت شود که شماره نمونه‌ها پاک نگردد. پس از گذشت ۲ ساعت، نمونه‌ها با آب خالص شسته می‌شوند و به کمک مسواک مخصوص خشک کردن نمونه‌ها تمیز می‌گردند. بعد از اینکه نمونه‌ها خشک شدند، برای اندازه‌گیری با دستگاه مغناطیس سنج آماده 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 صحرایی (در هنگام کار صحرایی 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 هاشورخورده 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 ...

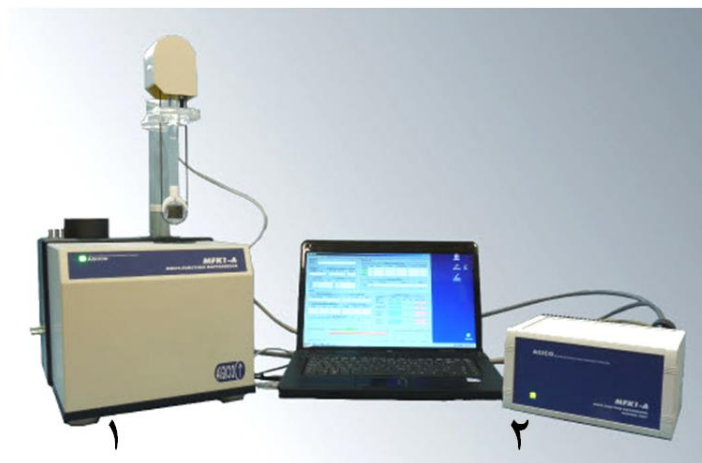
۴-۷- روش کار یا روش اندازه‌گیری قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی

این پژوهش بر مبنای داده‌های به دست آمده از روش قابلیت پذیرفتاری 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. پذیرفتاری 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 محورهاهای X, Y, Z نمونه‌ها، در راستای محور چرخش دستگاه کاپابریج قرار گیرد. همچنین پذیرفتاری مغناطیسی کل نمونه، حول محور Z در حالت ثابت و بدون چرخش اندازه‌گیری می‌شود. دستگاه MFK1-FA در هنگام اندازه‌گیری قابلیت حذف و از بین بردن پس‌زمینه مغناطیسی (Background) محیط آزمایشگاه را دارد. دستگاه تغییرات پذیرفتاری 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 ۴-۱۹ نشان داده شده است.

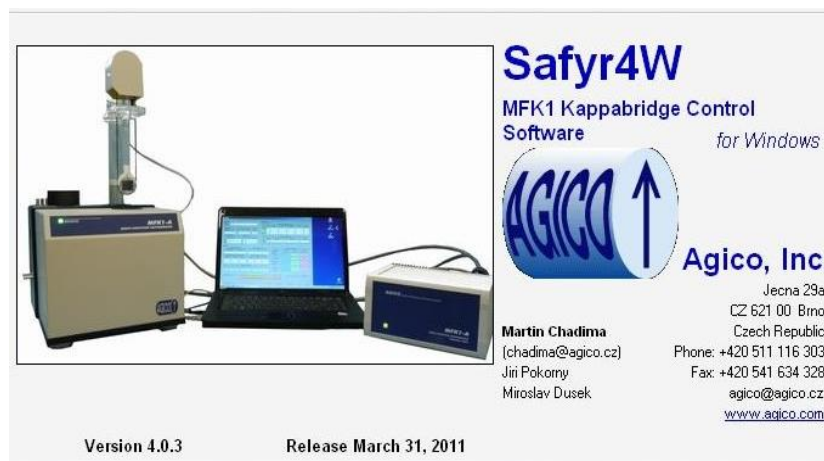


شکل ۴-۱۹- تصویری از دستگاه MFK1-FA و متعلقات آن. دستگاه شامل دو قسمت (۱): بخش اندازه‌گیری کننده Kappabridge. (۲): ریز پردازشگر (Microprocessor) می‌باشد. از کامپیوتر شخصی جهت کنترل و نمایش داده‌ها استفاده می‌شود

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. 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

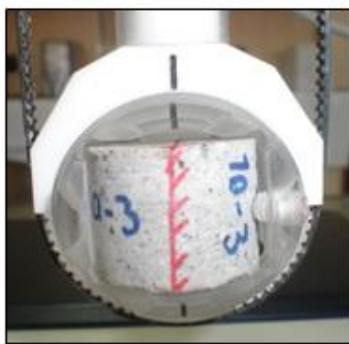
بعد از اتصال کابل‌ها به محل اصلی خود و کنترل شرایط دستگاه، دستگاه را روشن می‌کنیم. دستگاه به کمک نرم‌افزار یا برنامه‌ای به نام Safyr4w، که به تازگی از طرف سازندگان دستگاه ارائه شده است، کنترل می‌شود و کار اندازه‌گیری به کمک آن انجام می‌شود (شکل ۴-۲۰).



شکل ۴-۲۰- تصویری از نرم افزار 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 ۴-۲۰). در این روش نمونه در محفظه نگهدارنده در جهت ۳ محور عمود بر هم قرار داده می‌شود (شکل ۴-۲۱-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 ۴-۲۱).



ب



الف



د

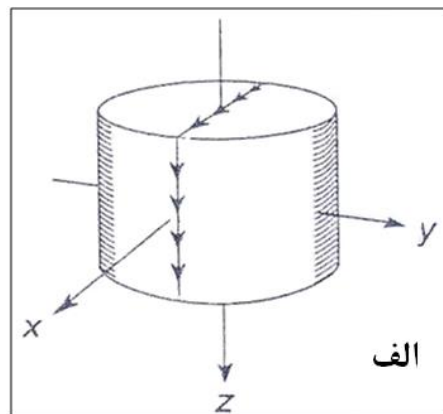
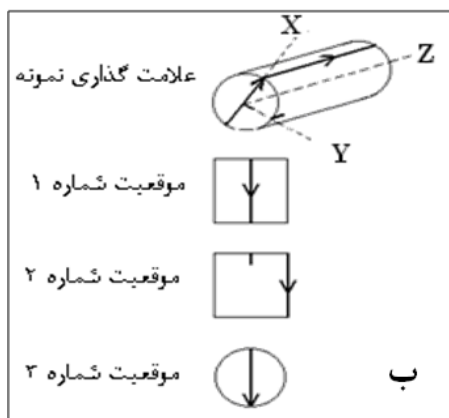


ج

شکل ۴-۲۱- 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 Safyr4W 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 (شکل ۴-۲۲). 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 susceptibility فعال می‌باشد و پذیرفتاری 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.



شکل ۴-۲۲- نمایش شماتیک موقعیت‌های محورهای X، Y و Z در یک قطعه مغزه (الف) و نحوه قراردادی نمونه در محفظه نگهدارنده (ب).

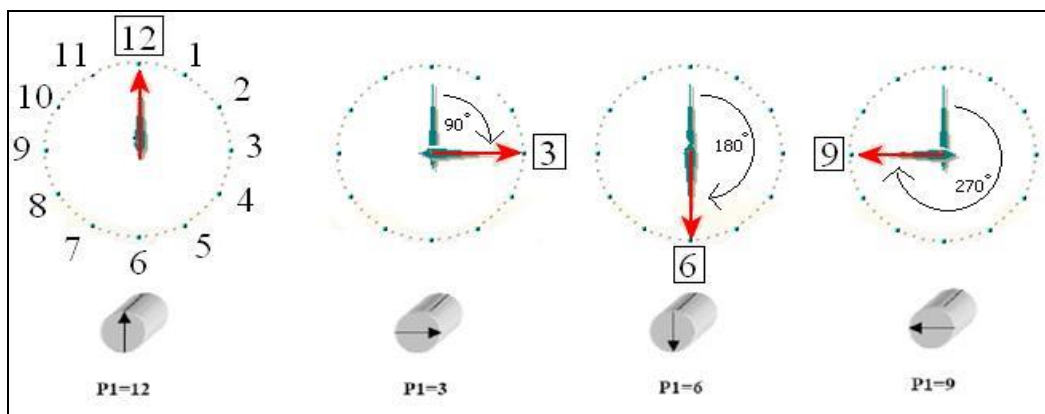
دستگاه MFK1-FA تقریباً قادر است در هر ۶ درجه، مقدار خودپذیری مغناطیسی نمونه را یکبار اندازه‌گیری کند و در هر بار وارد شدن نمونه، ۶۴ بار اندازه‌گیری انجام می‌گیرد به عبارتی در ۳ جهت X، Y و Z تعداد ۱۹۲ اندازه‌گیری انجام می‌شود. بعد از اتمام اندازه‌گیری، داده‌های حاصل از هر

اندازه‌گیری به صورت پارامترهای خاصی که برای دستگاه سنجش قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی تعریف شده است نمایش داده می‌شود یا در فایل ذخیره خواهد شد.

۴-۸-۲- پارامترهای جهت‌یابی $O.P^{22}$

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 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 ۴-۲۳).



شکل ۴-۲۳- این شکل وضعیت قرارگیری پارامترهای $P1$ در حالت‌های مختلف را نشان می‌دهد.

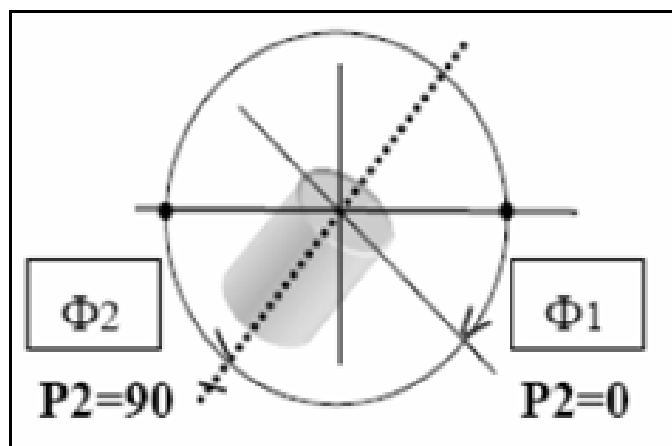
در وضعیتی که فلش $P1$ برابر 12 باشد جهت شیب و خط هاشوردار روی بدنه مغزه در یک امتداد قرار می‌گیرند. اگر فلش $P1$ برابر شماره 3 باشد جهت شیب نسبت به خط هاشوردار روی بدنه مغزه، در جهت عقربه‌های ساعت، زاویه ۹۰ درجه دارد. یعنی عقربه ساعت ۳ را نشان می‌دهد.

قرارگیری فلش $P1$ در برابر عدد 6 معرّف 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 ۹۰ باشد یعنی شیب نسبت به افق و در امتداد آزیموت شیب اندازه‌گیری شده است که برابر $\Phi 2$ می‌باشد (شکل ۴-۲۴). اگر $P2=0$ 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 ساعت گرد 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 ۴-۲۴- چگونه تعریف پارامتر P2 را نشان می‌دهد.

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

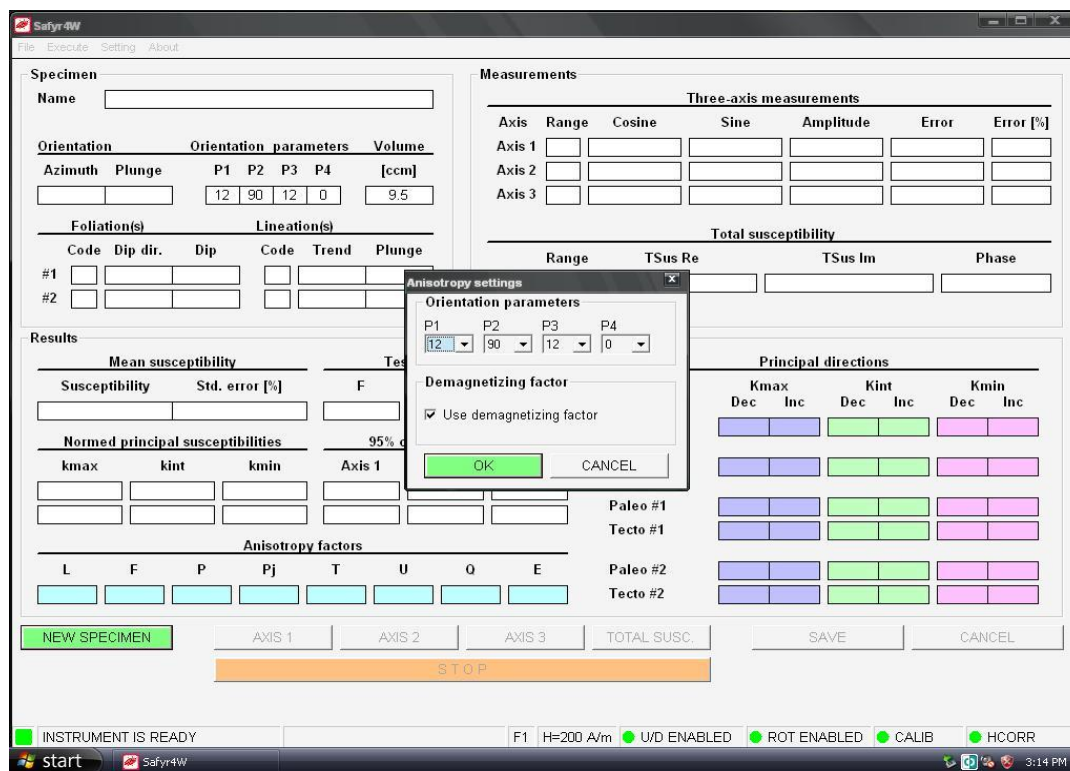
$$P1=12$$

$$P2=90$$

$$P3=12$$

$$P4=0$$

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 ۴-۲۵).



شکل ۴-۲۵- تغییر و تنظیم پارامترهای دستگاه به وسیله نرم‌افزار Safyr4w.

۴-۹- کالیبراسیون دستگاه

اگر کاربر برای اولین بار قصد کارکردن 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 ۴-۲۶). در پژوهش صورت گرفته و مطابق با سفارش کارشناس رسمی نصب و راه‌اندازی دستگاه MFK1-FA عدد $10^{-3} \times 141/9 \mu SI$ (۱۴۱/۹) 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.

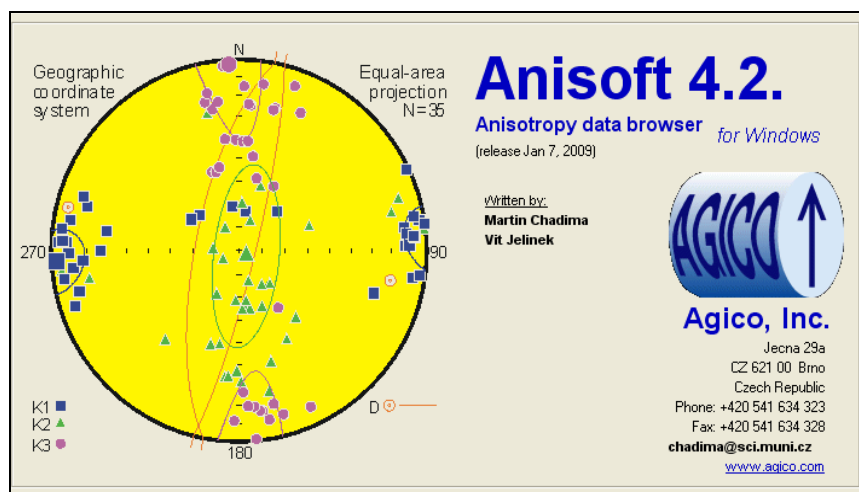


شکل ۴-۲۶- تصاویری از نمونه استاندارد جهت کالیبراسیون دستگاه. این تصاویر بخش بالایی، پایینی و نمونه استاندارد یا نمونه کالیبراسیون را نشان می‌دهد.

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 فایلی 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 ۴-۲۷ و ۴-۲۸). این برنامه در سال ۲۰۰۸ به وسیله کادیم و یلینک^{۲۳} طراحی و ارائه شده

است. در محیط این نرم افزار می توان داده های خام را به استریوگرام و نمودار تبدیل کرد. در انجام این تحقیق از نرم افزارهای StereoWin1.2، Tectonic fp3.2، Dips و ... نیز جهت تحلیل های بیشتر استفاده شده است. با توجه به استریوگرام می توان به سرعت میزان همگنی یا پراکندگی و همچنین صحت نتیجه گیری های اندازه گیری های انجام شده را تعیین کرد. در استریوگرام ها، داده ها به صورت مختصات سه محوره K_1 ، K_2 و K_3 و با نماد مربع، مثلث و دایره نشان داده می شود. بعد از پردازش داده های خام خروجی از دستگاه، در نرم افزارهای عنوان شده می توان جداول آماری مورد نیاز جهت کارهای بعدی را بدست آورد. در جدول داده های به دست آمده، مقادیر K_m^{24} ، K_3^{dec} ، K_3^{inc} ، $K_1^{dec^{25}}$ ، $K_1^{inc^{26}}$ ، K_2^{dec} ، K_2^{inc} نشان داده می شود که اساس همه تعبیر و تفسیرها در مطالعات فابریک مغناطیسی می باشند.



شکل ۴-۲۷- تصویری از نرم افزار Anisoft 4.2 ابتدای شروع.

²⁴- K_m = mean of magnetic susceptibility

²⁵- Dec= declination

²⁶-Inc= inclination

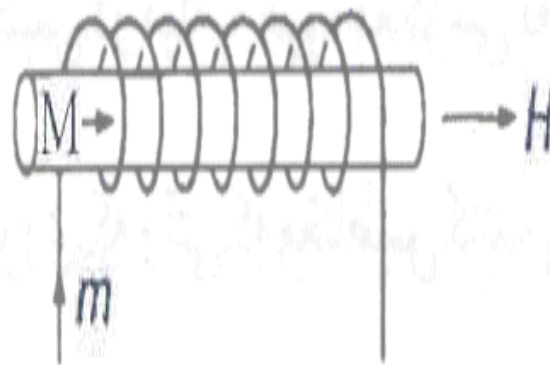
۴-۱۰- پارامترهای مغناطیسی

دستگاه اندازه‌گیری پذیرفتاری 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 ۴-۲۸)). در این حالت بردارهای مغناطیسی اجزاء سازنده نمونه، با توجه به شدت مغناطیس القا شده در یک راستا آرایش می‌یابند. از این جهت، در نمونه‌ها، مغناطیس‌شدگی (M) (با واحد آمپر بر متر A/M) ایجاد می‌شود.

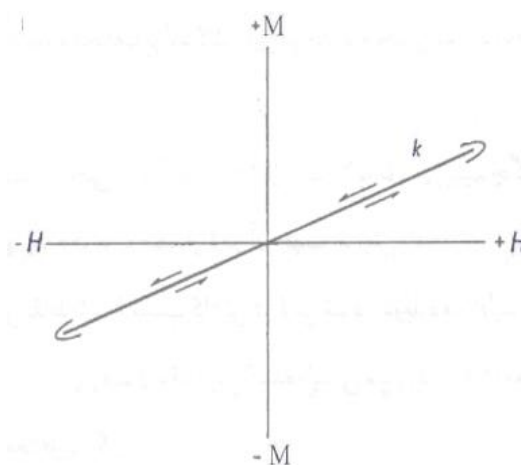
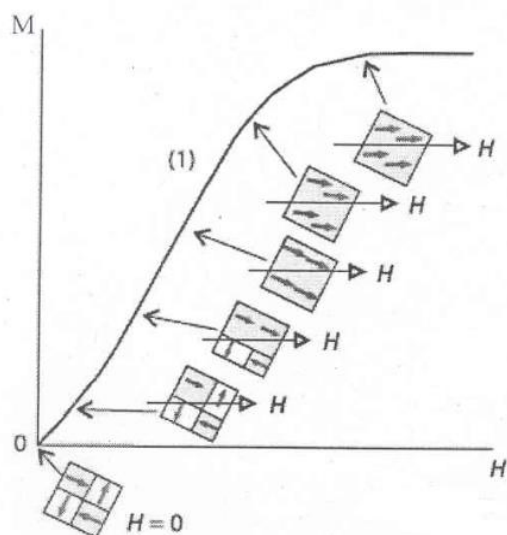
$$M = H \times K \Rightarrow K = \frac{M}{H}$$

ضریب خودپذیری مغناطیسی (K) از رابطه M/H می‌باشد. K بدون بعد است و به نوع ماده بستگی دارد (شکل ۴-۲۹ 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^{۲۷}، 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 ۴-۳۰).



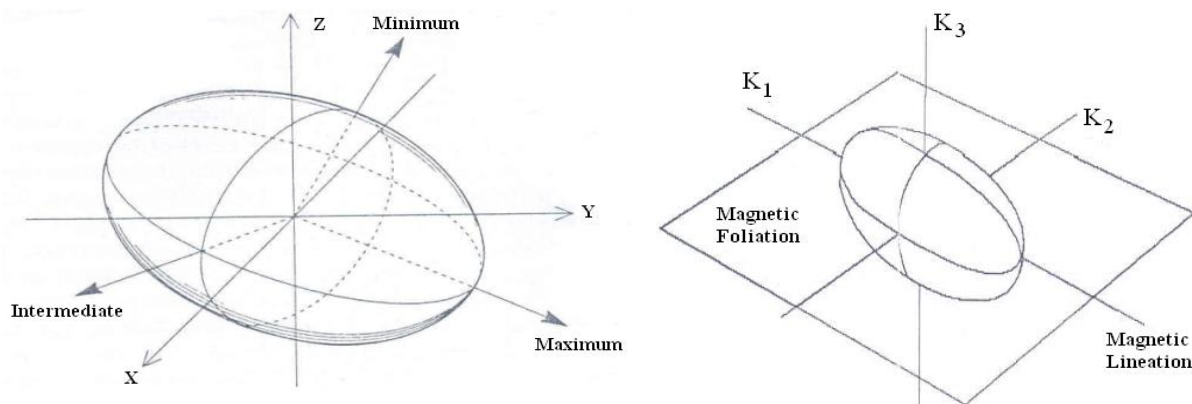
شکل ۴-۲۸- این شکل تصویر سیم پیچ حامل جریان و ایجاد میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.



الف

ب

شکل ۴-۲۹- نمودارهای M در مقابل H جهت معرفی مفهوم K یا قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی.

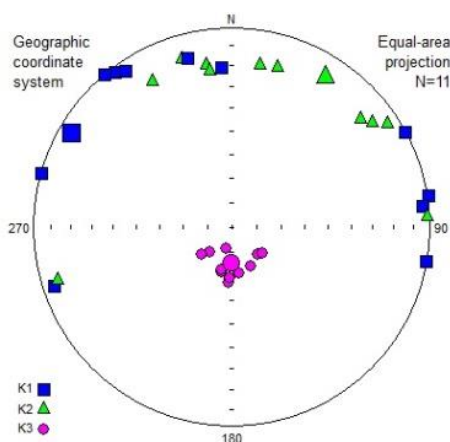


شکل ۴-۳۰- در این اشکال، مفهوم بیضوی مغناطیسی و سه محور K_1, K_2, K_3 به تصویر کشیده شده است.

وضعیت جهت یابی K در هر ایستگاه بر روی هر استریونت با نشانه خاصی نشان داده می شود. 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 می گردد (شکل ۴-۳۱).



شکل ۴-۳۱- 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 می شود که در تعبیر و تفسیرهای مغناطیسی از آنها

استفاده می شود.

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- پارامتر خودپذیری مغناطیسی میانگین K_m

مهم‌ترین پارامتر در روش فابریک‌های مغناطیسی، K یا ضریب پذیرفتاری 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 μSI نشان داده می‌شود. SI مخفف Standard International می‌باشد. میزان پذیرفتاری 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.

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

۴-۱۱-۱- آنیزوتروپی مغناطیسی (P)

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

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

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.

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

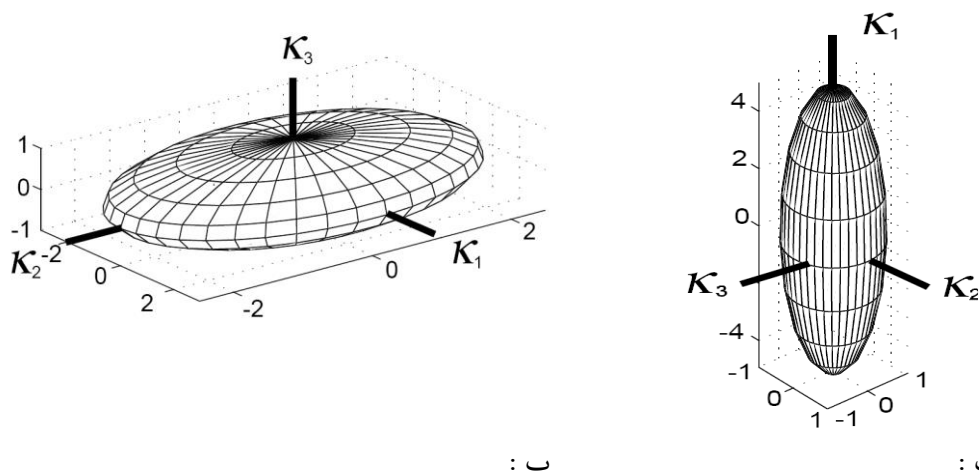
$$\eta_1 = \ln K_1 \quad \eta_2 = \ln K_2 \quad \eta_3 = \ln K_3 \quad \eta = \sqrt[3]{\eta_1 + \eta_2 + \eta_3}$$

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).

۴-۱۱-۲- 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 ۴-۳۲). هنگامی که $K_1=K_2=K_3$ باشد شکل بیضوی مغناطیسی به صورت کره خواهد بود (یلینک، ۱۹۸۱- هرودا ۱۹۸۲).

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



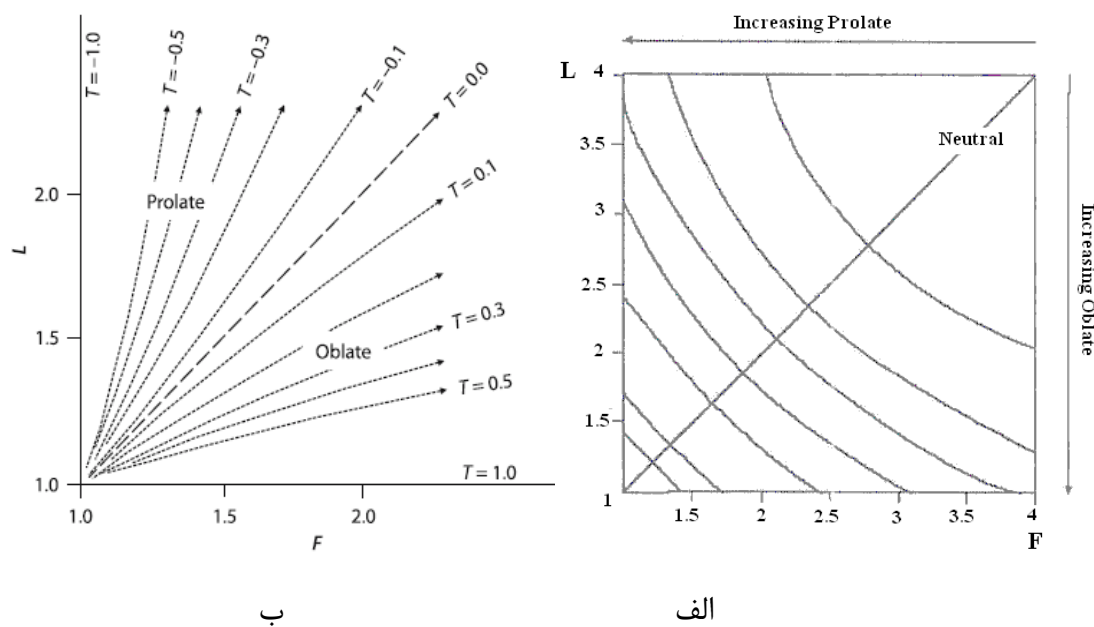
شکل ۳۲-۴- الف- بیضوی مغناطیسی دوکی یا سیگاری شکل. ب- بیضوی مغناطیسی کلوچه‌ای یا بشقابی شکل

۳-۱۱-۴- پارامتر F و L

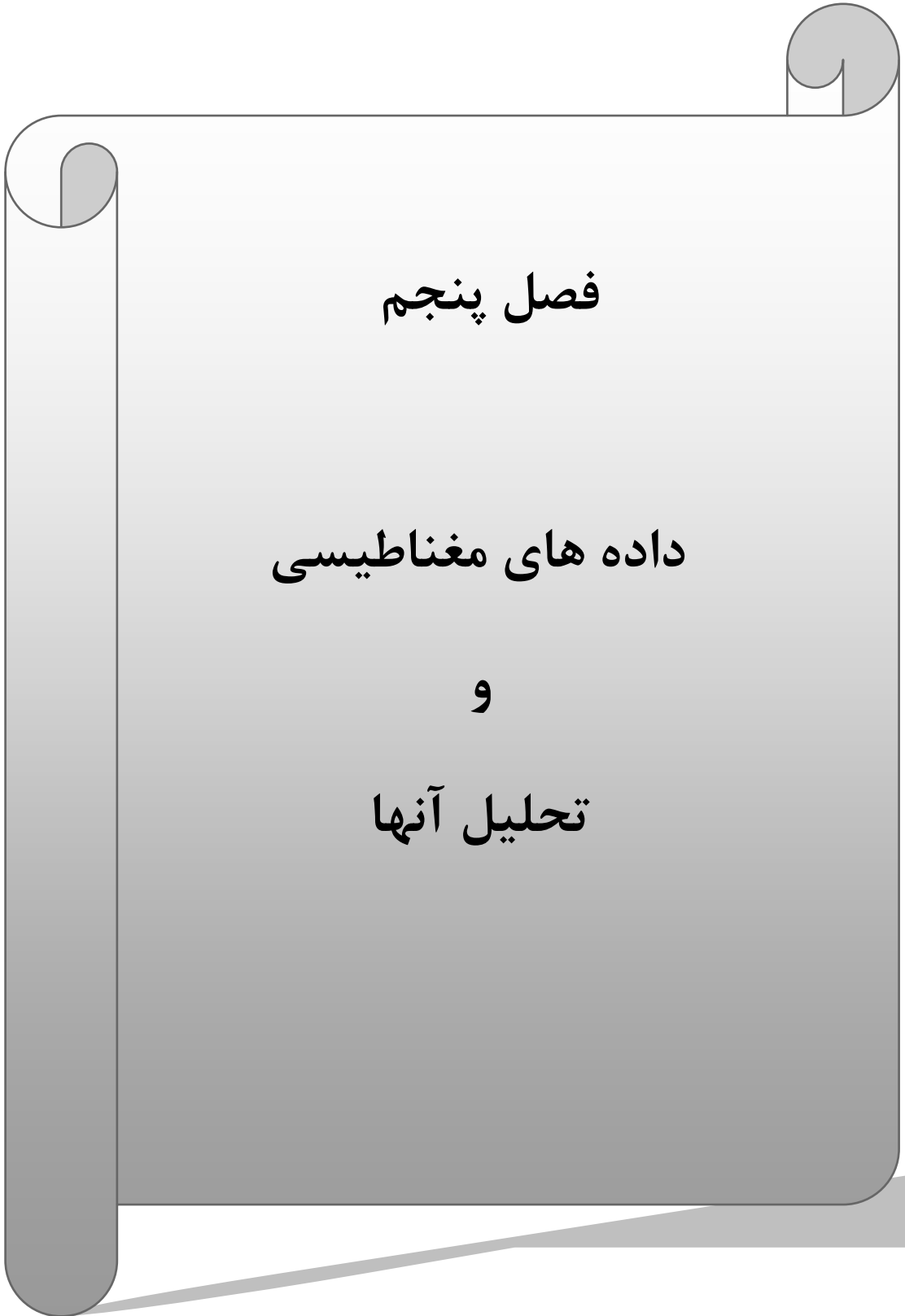
Lineation یا L نشان دهنده درجه خطی بودن انیزوتروپی است و مبین میزان خطوارگی مغناطیسی می‌باشد. پارامتر L حاصل نسبت K_1/K_2 می‌باشد.

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 ۳۴-۴ الف). 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 ۳۴-۴ ب).

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



شکل ۳۳-۴ الف- نمودار L در مقابل F - حامل نسبت بین L و f برابر T میباشد
 ب- نمودار L در برابر F که با افزایش L و F مقدار P هم افزایش می یابد (باتلر؛ ۱۹۹۸).



فصل پنجم

داده های مغناطیسی

و

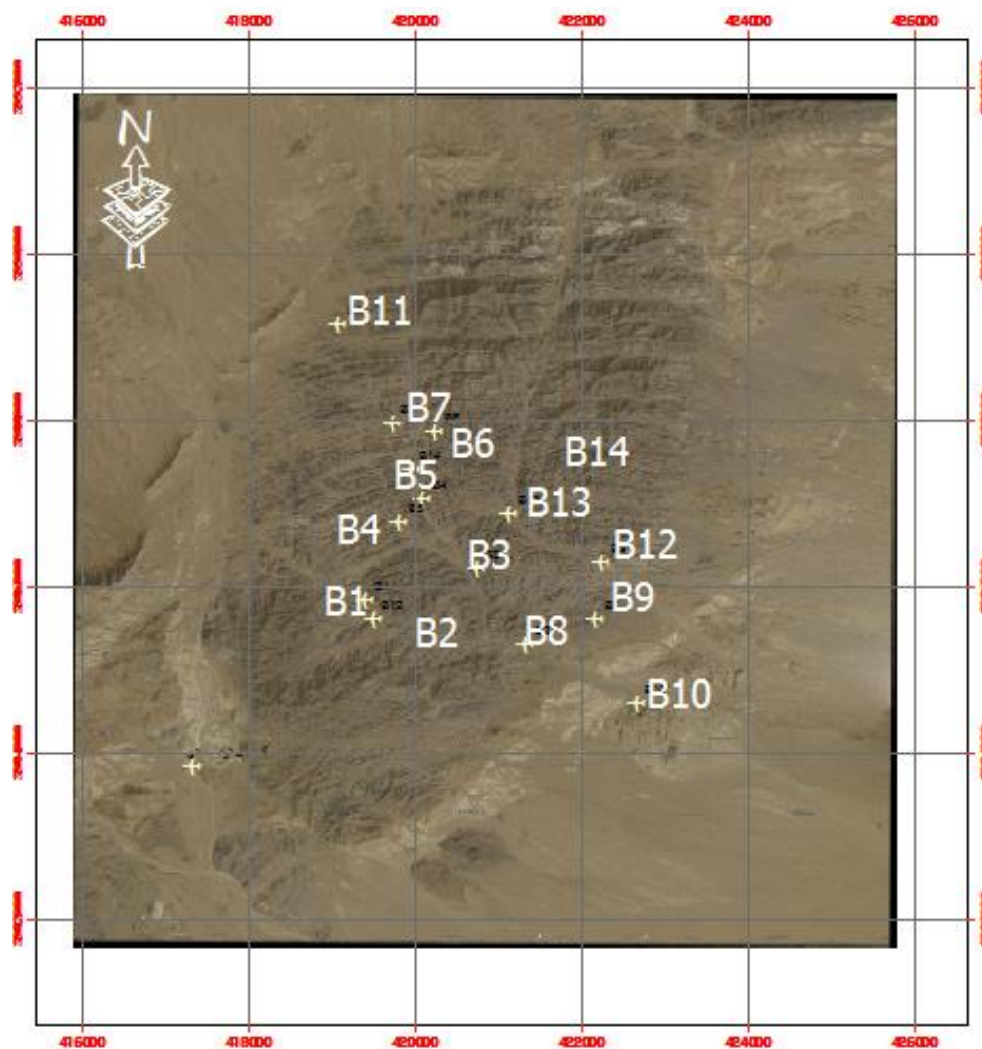
تحلیل آنها

۵-۱- مقدمه

دایک‌های قطع کننده مجموعه آذرین دگرگونی دلبر با استفاده از روش بررسی ناهمسانی پذیرفتاری مغناطیسی (روش AMS) مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. قبل از مطالعات صحرایی، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ عباس‌آباد (خلعتبری، ۱۳۷۷) تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی کشور مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به الگوی مناسب برای نمونه برداری و رعایت فاصله صحیح بین ایستگاه‌ها، نمونه‌برداری انجام شد. در تمام مراحل کار صحرایی سعی شد اغلب دایک‌ها تحت پوشش برداشت مغزه قرار گیرد و خوشبختانه این امر تقریباً انجام شد.

طی بازدیدهای صحرایی انجام گرفته در منطقه دلبر، موقعیت جغرافیایی هر ایستگاه مغزه‌برداری توسط GPS تعیین گردید و سپس ثبت شد. موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر روی نقشه شکل ۵-۱ نشان داده شده است. 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، ۱۲ مغزه به طور میانگین برداشت می‌گردد ولی بر حسب بزرگی و مساعد بودن، در بعضی از ایستگاه‌ها تا ۱۶ عدد مغزه هم برداشت گردیده است. در هر ایستگاه علاوه بر مغزه‌گیری و برداشت نمونه‌دستی، ویژگی‌های صحرایی مرتبط با واحدهای سنگی هر ایستگاه نیز ثبت گردید. با توجه به شواهد صحرایی و مطالعات پتروفابریکی در منطقه، ۴ نوع ترکیب سنگی غالب، شامل گابرو دیوریت، گرانیت، لوکوگرانیت و گنیس شناسایی و تفکیک گردید.

با توجه به هدفی که در این پایان نامه دنبال می شود مطالعات AMS فقط بر روی دایک‌ها متمرکز شده است. شکل ۵-۱ نشان دهنده نقشه کلی دایک‌های منطقه دلبر می‌باشد که ایستگاه‌های نمونه برداری شده روی آن مشخص شده است.



شکل ۵-۱- تصویر ماهواره ای نشان دهنده توزیع ایستگاههای مغزه برداری در منطقه مورد مطالعه (ترسیم شده به کمک نرم افزار (Arc GIS)

بعد از تکمیل بازدیدهای صحرایی، از ۱۴ ایستگاه، تعداد ۲۰۰ مغزه برداشت شد که پس از برش مغزه‌ها به قطعات ۲۲ میلی‌متری، در نهایت ۷۰۰ قطعه مغزه به دست آمد. تقریباً هر مغزه به ۳ قسمت مساوی تقسیم شد که دو قطعه آن برای آزمایشات پالئومغناطیس (روش های مغناطیس زدای حرارتی و مغناطیس زدایی جزء به جزء AF) مورد استفاده واقع می‌شود و بقیه قطعات آن نیز برای موارد دیگر استفاده می‌شود. ناگفته نماند که برش مغزه‌ها با این ابعاد خاص، بدین منظور می‌باشد که نمونه، در حد نمونه استاندارد و مورد استفاده برای قرار دادن در محفظه نگهدارنده دستگاه سنجش میزان پذیرفتاری مغناطیسی باشد. این قطعات مجدداً شماره‌گذاری شده و با اسید کلریدریک ۱/۱. نرمال اسیدشویی می‌گردند. سپس توسط دستگاه سنجش پذیرفتاری مغناطیسی MFK1-FA در آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود، قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی و سایر پارامترهای مربوط به فابریک‌های مغناطیسی اندازه‌گیری گردید. از نتایج اولیه و داده‌های خام حاصل از اندازه‌گیری‌های دستگاه مغناطیس‌سنج پارامترهای K_m , K_1 , K_2 , K_3 , P , T حاصل می‌گردد که در تعبیر و تفسیرهای بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرند. جدول ۱-۵ مقادیر پارامتر قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی میانگین (K_m)، خطوارگی مغناطیسی (مقدار برداری K_1)، قطب برگوارگی مغناطیسی (مقدار برداری K_3)، انیزوتروپی مغناطیسی بر حسب درصد ($P\%$)، پارامتر شکل (T) در هر ایستگاه ارائه شده است. از داده‌های این جدول جهت ترسیم نقشه‌های فابریک مغناطیسی استفاده گردیده است. از این داده‌ها 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 ۲-۵ 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 کنترل نمود. میانگین پارامترهای بیان شده برای هر ایستگاه به شرح زیر در جدول ۵-۱ نشان داده شده است:

Station	K1 inc	K1 dec	K3 inc	K3 dec	T	P
Station 1	62	94	27	279	0.033	1.024
Station 2	2.5	335	65	90	0.637	1.005
Station3	6	350	80	115	-0.292	1.037
Station4	52	111	20	355	0.871	1.020
Station5	45	224	16	331	0.660	1.046
Station6	15	242	40	345	0.277	1.017
Station7	3	82	32	350	-0.092	1.015
Station8	15	28	49	136	0.479	019
Station9	9	193	12	101	-0.126	1.004
Station10	10	325	38	63	-0.293	1.018
Station11	82	263	7	113	-0.160	1.019
Station12	11	68	57	321	-0.411	1.016
Station13	35	72	10	334	0.808	1.033
Station14	75	54	14	246	-0.126	1.068

جدول ۵-۱- جدول نشان دهنده میانگین پارامترها برای هر یک از ایستگاههای نمونه برداری.

۲-۵- تفسیر نتایج

پس از انجام آزمایشهای لازم توسط دستگاههای اندازه گیری و نمودارهای بدست آمده اینک به تفسیر و تحلیل نتایج حاصل از هر استریوگرام برای ایستگاههای بدست آمده می پردازیم. در اینجا به دلیل مشابهت برخی استریوگرام های فقط به تحلیل و تفسیر ۱۰ ایستگاه می پردازیم. شکل ۲-۵ نشان دهنده استریوگرامهای بدست آمده برای تمام ایستگاههای نمونه برداری از دایکهای مورد مطالعه می باشد. برای ایستگاه شماره یک طبق استریوگرام بدست آمده در شکل ۲-۵-الف مشاهده می کنیم که میانگین خطواره های مغناطیسی (K_1) دارای آزمون شرقی - غربی بوده و دارای میل کمی به سمت شرق می باشد. این امر معرف جایگزینی ماگما در یک تراز افقی در فضاهای باز ایجاد شده می باشد. میانگین قطب برگوارگی مغناطیسی (K_3) هم نزدیک مرکز استریوگرام با زاویه ای نه چندان زیاد قرار گرفته است که معرف برگوارگی تقریباً افقی می باشد. نمونه برداری از این ایستگاه در نهایت معرف توزیع ماگما در یک تراز کم شیب درون فضاهای خالی ایجاد شده با شیب حدود ۳۵ درجه می باشد. لازم به ذکر است که برای جدا کردن آزمون و میل برای هر یک از پارامترهای K_1 و K_2 و K_3 در این فصل از علامت $\downarrow$ استفاده می شود. این کار برای پرهیز اشتباه ممیز فارسی و ممیز انگلیسی صورت گرفته است.

* استریوگرام رسم شده برای ایستگاه دوم نمونه برداری در شکل ۲-۵-ب نشان داده شده است. در این ایستگاه میانگین خطواره های مغناطیسی (K_1) بیشتر در حاشیه جنوب غربی استریوگرام واقع شده است و به سمت مرکز استریوگرام متمایل شده است. میانگین K_1 و K_2 و K_3 به ترتیب مقادیر ۲۲۲/۲۵ ، ۳۲۰/۱۵ و ۷۹/۶۱ می باشد. میل بسیار زیاد قطب برگواره های مغناطیسی که تقریباً برابر ۶۰ درجه می باشد معرف جریان یافتن ماگما در یک تراز تقریباً پرشیب می باشد.

در این ایستگاه نحوه جاییگیری ماگما بصورت افقی و در راستایی رو به سمت شمال می‌باشد.

*در شکل ۵-۲ ج، داده‌های ایستگاه سوم نمونه‌برداری موقعیت محوره‌های K_1 ، K_2 و K_3 بر روی استریونت مشخص شده است. بر اساس این شکل اکثر خطواره‌های مغناطیسی (K_1) حول شمال استریونت واقع شده‌اند و میانگین آن‌ها دارای مشخصات زیر است: 350.6° ، قطب برگواره‌های مغناطیسی (K_3) حول مرکز استریونت واقع است و میانگین آن‌ها دارای مشخصات 108.77° می‌باشد هم چنین K_2 در راستای محور شرقی-غربی استریونت واقع می‌شوند و میانگین آن‌ها نیز دارای مختصات 258.11° می‌باشد. طبق تعریف K_1 یا خطواره‌های مغناطیسی معرف جهت حرکت ماگما می‌باشد از اینرو در این ایستگاه ماگما به طرف شمال (بطور دقیق در راستای 349° درجه) جریان یافته است. در ضمن با توجه به مشخصات میانگین K_1 خطواره‌های دارای شیب بسیار کم نزدیک به افقی می‌باشند (6° درجه). طبق تعریف برگوارگی مغناطیسی K_1 و K_2 بر روی برگوارگی مغناطیسی واقع می‌شوند در نتیجه اگر K_1 و K_2 را همزمان مجسم کنیم می‌توانیم وضعیت برگواره‌های مغناطیسی را به طور دقیق در ذهن تجسم کنیم. با توجه به استریوگرام مربوط به ایستگاه شماره ۳ نقاط معرف K_1 و K_2 در پیرامون حاشیه بیرونی استریونت واقع می‌شوند این امر معرف کم شیب بودن برگواره‌های مغناطیسی در نمونه‌های متعلق به ایستگاه سوم است. میل زیاد قطب برگواره‌های مغناطیسی که حدود 80° درجه می‌باشد این امر را تایید می‌کند. از تحلیل موقعیت K_1 و K_2 و K_3 در این ایستگاه به این نتیجه می‌رسیم که ماگما در یک تراز تقریباً افقی جریان یافته است و در ضمن در این تراز افقی ماگما به سمت شمال جریان داشته است (جهت غالب ماگما).

* در شکل ۵-۲-د، داده‌های ایستگاه چهارم نمونه برداری نشان داده شده است.

بر اساس این شکل اکثر خطواره‌های مغناطیسی (K_1) پیرامون حول شرق و غرب استریونت واقع شده‌اند و میانگین آنها دارای مشخصات $123/62$ می‌باشد. قطب برگواره‌های مغناطیسی (K_3) هم حول شمال استریوگرام واقع شده است و دارای مشخصات زیر می‌باشد: $355/18$. هم چنین K_2 ها نیز در راستای محور شرقی - غربی واقع شده‌اند و دارای میانگین آزیموت و مقدار میل $20/257$ می‌باشند. طبق تعریف K_1 یا خطواره مغناطیسی معرف جهت حرکت ماگما می‌باشد از اینرو در این ایستگاه ماگما در راستای شرقی - غربی جریان یافته است (بطور دقیق در راستای 62 درجه شرقی). بنابراین با توجه به میانگین، خطواره‌های مغناطیسی دارای میل زیادی می‌باشند. طبق تعریف برگوارگی مغناطیسی K_1 و K_2 بر روی برگوارگی مغناطیسی واقع می‌شوند در نتیجه اگر K_1 و K_2 را همزمان مجسم کنیم می‌توانیم وضعیت برگواره‌های مغناطیسی را به طور دقیق در ذهن تجسم کنیم. با توجه به استریوگرام مربوط به ایستگاه شماره ۴ نقاط معرف K_1 و K_2 در پیرامون حاشیه بیرونی استریوگرام واقع شده‌اند. این امر معرف پر شیب بودن برگوارگی مغناطیسی در نمونه‌های متعلق به ایستگاه چهارم است میل زیاد قطب برگواره‌های مغناطیسی (حدود 18 درجه) این امر را تایید می‌کند. از تحلیل موقعیت K_1 و K_2 و K_3 در این ایستگاه به این نتیجه می‌رسیم که ماگما در یک تراز تقریباً افقی با شیب زیاد در راستایی به سمت شرق جریان یافته است.

* در ایستگاه شماره پنج همانطور که در شکل ۵-۲-س مشاهده می‌شود خطواره‌ها و قطب برگواره‌های مغناطیسی به ترتیب در نزدیکی غرب و شمال استریوگرام واقع می‌شوند. تعداد اندکی از نمونه‌ها نیز نزدیک راستای شرقی - غربی قرار گرفته‌اند. این مورد را می‌توان به تغییر جهت حرکت ماگما در حین جایگزینی نسبت داد.

در این شکل برگوارگی مغناطیسی با اندک انحراف و زاویه نزدیک به شمال استریوگرام واقع شده که حرکت ماگما در یک سطح تقریباً افقی را نشان می‌دهد و تمرکز خطواره های مغناطیسی هم روند شرقی - غربی را با میانگین $226/50$ برای جایگزینی و نفوذ ماگما نشان می‌دهند. میانگین قطب برگواره‌های مغناطیسی هم دارای مشخصات $333/13$ می‌باشد. از تفسیر داده های بدست آمده برای این ایستگاه نتیجه می‌گیریم که ماگما بصورت پرشیب با شیب حدود 5 درجه در یک راستای شمال شرق - جنوبی، به سمت جنوب غرب توزیع شده است.

*در شکل ۵-۲-ش، که مربوط به ایستگاه ششم نمونه برداری است مشاهده می‌شود که اکثر خطواره های مغناطیسی حول شرق استریونت واقع شده‌اند و میانگین آنها دارای مختصات $235/18$ می‌باشد. قطب برگواره‌های مغناطیسی نیز حول شمال استریونت واقع شده است و دارای میانگین $345/47$ می‌باشند.

همچنین K_2 هم در راستای محور شرقی - غربی استریوگرام واقع شده است و دارای میانگین $131/36$ می‌باشد. K_1 نشان‌گر جهت حرکت ماگما می‌باشد از این‌رو در این ایستگاه ماگما به سمت غرب (بطور دقیق با زاویه 235 درجه) جریان یافته است. در ضمن با توجه به مشخصات میانگین خطواره‌ها دارای میل 18 درجه می‌باشند. با توجه به استریوگرام مربوط به ایستگاه شماره ۶ نقاط معرف K_1 و K_2 در پیرامون حاشیه بیرونی استریوگرام واقع شده‌اند و این امر معرف شیب متوسط حدوداً 45 درجه برگواره‌های مغناطیسی در نمونه‌های این ایستگاه است. از تحلیل موقعیت K_1 و K_2 و K_3 در این ایستگاه به این نتیجه می‌رسیم که ماگما در یک راستای شمال - شرقی با شیب 75 درجه نفوذ نموده ولی به طور بارز در جهت جنوب غرب جریان یافته است.

*ایستگاههای هفتم و هشتم نمونه برداری بسیار به هم شبیه می باشند (شکل ۵-۲- ص و ض).

در این دو ایستگاه موقعیت K_1 یا خطواره‌های مغناطیسی در محدوده شمال و شرق استریونت قرار گرفته است و میانگین آنها به ترتیب $255/3$ برای ایستگاه هفت و $21/17$ برای ایستگاه شماره هشت می‌باشد. قطب برگواره‌های مغناطیسی برای ایستگاه شماره هفت پیرامون شمال و برای ایستگاه هشت حول مرکز استریوگرام قرار گرفته است. میانگین K_3 نیز برای آنها به ترتیب $345/32$ و $140/60$ می باشد. با توجه به تعریف K_1 مشخص کننده جهت حرکت و جریان ماگما می باشد به همین خاطر در ایستگاه هفت ماگما با شیبی 255 درجه و تقریباً عمود در یک تراز افقی با میل اندک 3 درجه به سمت شرق حرکت کرده است و در ایستگاه هشت نیز خطواره‌های مغناطیسی با میل متوسطی برابر 35 درجه به سمت شمال شرق حرکت کرده است و در یک تراز شیب دار معادل 60 درجه که منطبق بر K_3 یا قطب برگوارگی مغناطیسی است درون فضاهای خالی ایجاد شده در سنگ‌ها جایگزین شده است. در هر دوی این ایستگاهها K_1 و K_2 با اندک فاصله و زاویه نسبت به حاشیه بیرونی استریونت قرار گرفته اند که معرف جایگیری و توزیع ماگما در فضاهای خالی سنگ میزبان با شیب کم (حدود 10 درجه) برای ایستگاه هفت و شیب بیشتر (حدود 32 درجه) برای ایستگاه هشت می باشد.

*ایستگاه شماره ۹ در شکل ۵-۲-ک، نشان داده شده است. از لحاظ ویژگی‌های صحرایی این ایستگاه نسبت به ایستگاه‌های قبلی رنگ تیره‌تری داشته و کمتر تحت تنش‌های تکتونیکی حاکم بر منطقه قرار گرفته است. در مورد این ایستگاه تمرکز K_1 یا خطواره‌های مغناطیسی پیرامون شمال استریوگرام واقع شده است و میانگین آنها دارای مشخصات زیر می‌باشد: $192/4$ ، هم‌چنین K_2 نیز در راستای شرقی- غربی و حول محور مرکزی استریوگرام تمرکز یافته است و

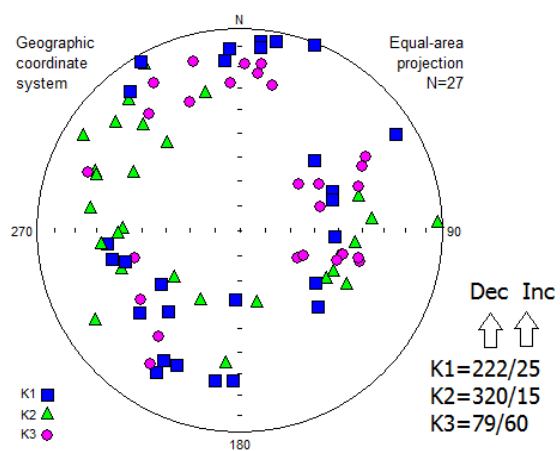
دارای میانگین $۳۱۰/۸۲$ می‌باشد. در این ایستگاه K_3 یا قطب برگوارگی مغناطیسی در راستای شمال شرقی - شمال غربی پراکندگی نشان می‌دهند و دارای مشخصات زیر می‌باشد: $۹۸/۵$

طبق تعریف صورت گرفته جهت حرکت ماگما توسط K_1 مشخص می‌شود. از این جهت در ایستگاه خطواره‌های مغناطیسی ماگما در راستای شمالی - جنوبی با زاویه ۱۰ درجه نسبت به جنوب حرکت کرده است. در ضمن با توجه به مشخصات میانگین K_1 خطواره‌های مغناطیسی دارای میل بسیار کم نزدیک به افقی (۱۰ درجه) می‌باشد. طبق تعریف برگوارگی مغناطیسی K_1 و K_2 بر روی برگوارگی مغناطیسی واقع می‌شوند در نتیجه اگر K_1 و K_2 را همزمان تجسم کنیم می‌توانیم وضعیت برگواره‌های مغناطیسی را به طور دقیق در ذهن متصور شویم. برگواره‌های مغناطیسی در این ایستگاه دارای راستای تقریباً شمالی جنوبی و شیب بسیار زیاد می‌باشد.

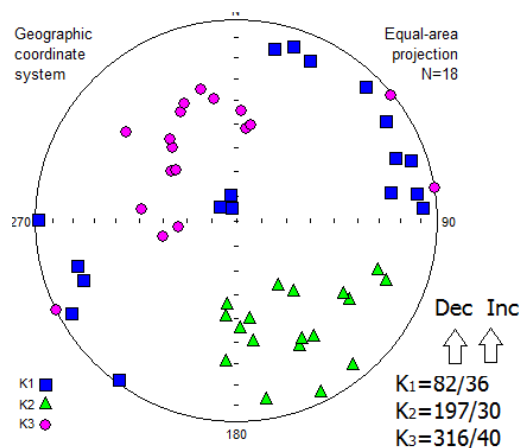
با توجه به استریوگرام مربوط به ایستگاه شماره ۹ نقاط معرف K_1 و K_2 در حاشیه بیرونی با اندکی میل به سمت داخل استریونت واقع می‌شوند و این امر معرف کم شیب بودن برگوارگی در نمونه‌های این ایستگاه است. شیب اندک قطب برگوارگی (۱۳ درجه) نیز این امر را تایید می‌کند. از تحلیل موقعیت K_1 و K_2 و K_3 در این ایستگاه به این نتیجه می‌رسیم که ماگما در یک تراز تقریباً افقی جریان یافته است و در ضمن در این تراز افقی ماگما به سمت شمال جریان داشته است. در مورد ایستگاه شماره ۱۰ (شکل ۵-۲-گ)، موقعیت خطواره‌های مغناطیسی و قطب برگوارگی مغناطیسی به ترتیب پیرامون حاشیه شمال غرب و مرکز استریوگرام واقع شده است. میانگین K_1 و K_2 و K_3 به ترتیب مقادیر $۳۳۰/۱۰$ ، $۲۲۴/۵۰$ و $۶۲/۳۸$ می‌باشند. K_2 نیز در امتداد محور شمالی - جنوبی گسترش پیدا کرده است. همانطور که مشاهده می‌شود با توجه به مقدار K_1 ماگما به سمت شمال با زاویه کم به سمت غرب حرکت کرده است. با توجه به مشخصات میانگین K_1 خطواره‌ها دارای شیب بسیار کم و نزدیک به افقی می‌باشند

(حدود ۱۰ درجه). بدلیل پراکندگی K_1 و K_2 پیرامون حاشیه استریوگرام می‌توان نتیجه گرفت که برگواره‌های مغناطیسی در نمونه‌های بدست آمده از این ایستگاه دارای شیب بسیار کم هستند. از تحلیل موقعیت‌های K_1 و K_2 و K_3 در این ایستگاه چنین نتیجه می‌شود که ماگما در یک تراز نسبتاً افقی در حالی که به سمت شمال غرب جریان یافته است انتشار و توسعه یافته است.

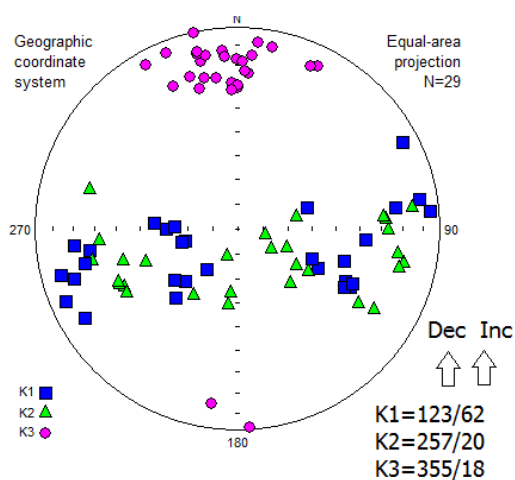
*آخرین ایستگاهی که مورد تفسیر قرار می‌گیرد ایستگاه چهاردهم نمونه برداری است (شکل ۵-۲-ن). موقعیت‌های محورهای K_1 و K_2 و K_3 بر روی استریونت در شکل ۵-۲ برای این ایستگاه مشخص شده است. طبق شکل اکثر خطوط‌های مغناطیسی یا همان K_1 حول مرکز استریونت واقع شده‌اند و میانگین آنها دارای مشخصات زیر است: $55/76$. قطب برگواره‌های مغناطیسی (K_3) هم پیرامون حاشیه بیرونی استریونت واقع شده است و دارای مشخصات میانگین $272/14$ می‌باشد. K_2 هم روندی تقریباً شمال غرب - جنوب شرق را با میانگین $155/3$ نشان می‌دهد. با توجه به این که K_1 نشان دهنده جهت حرکت ماگما می‌باشد برای این ایستگاه می‌توان بیان کرد که ماگما در راستای 40 درجه و با شیبی تند به سمت شمال شرق حرکت کرده است. با توجه به مشخصات میانگین K_1 ، خطوط‌ها دارای شیب بالا می‌باشند. با توجه به استریوگرام مربوط به ایستگاه شماره ۱۴ نقاط معرف K_1 و K_2 بیشتر متمرکز در قسمت داخلی استریوگرام بوده و کمتر در حاشیه بیرونی واقع شده‌اند که این امر معرف شیب بالای برگوارگی مغناطیسی در نمونه‌های متعلق به ایستگاه ۱۴ است. از تحلیل موقعیت‌های K_1 و K_2 و K_3 در این ایستگاه چنین نتیجه می‌شود که ماگما در یک تراز نسبتاً عمودی و پر شیب در حال حرکت بوده و جریان یافته است.



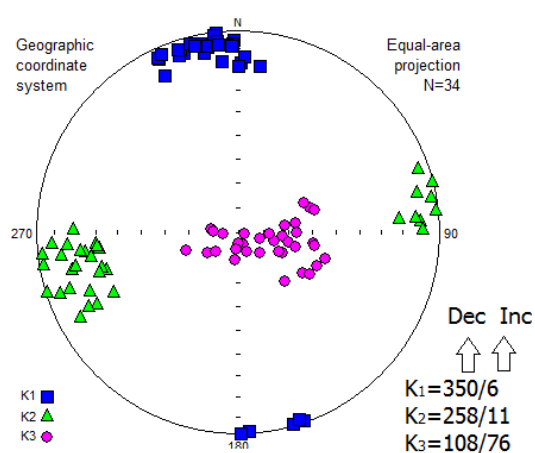
ب - ایستگاه ۲



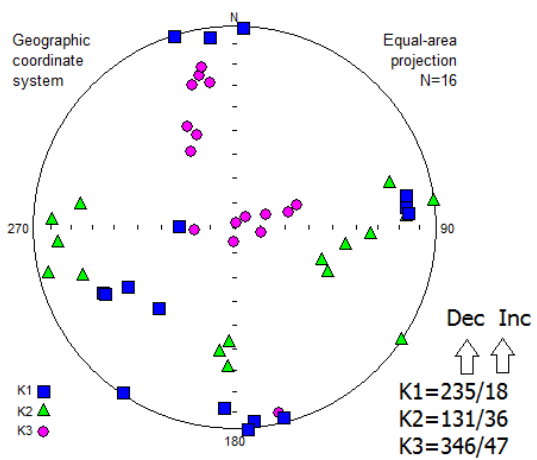
الف - ایستگاه ۱



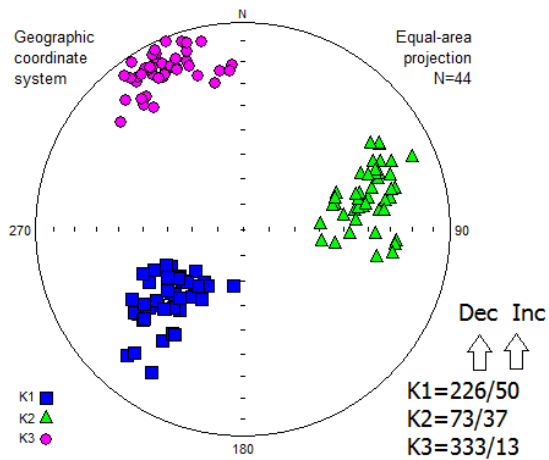
د - ایستگاه ۴



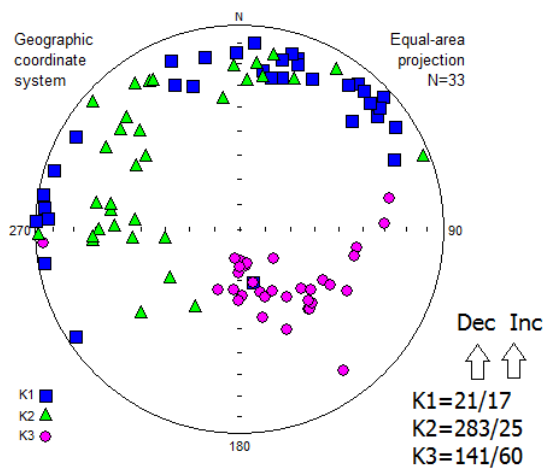
ج - ایستگاه ۳



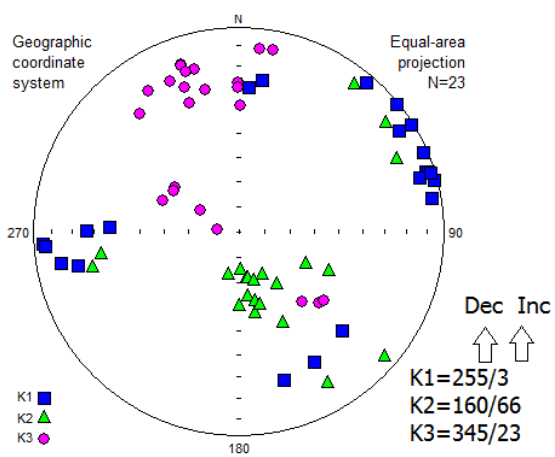
ش- ایستگاه ۶



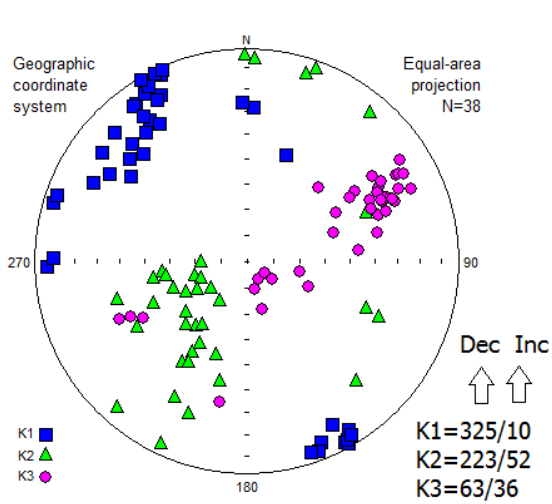
س- ایستگاه ۵



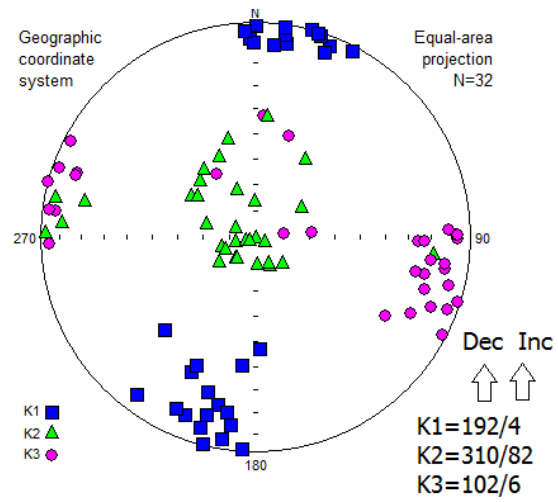
ض- ایستگاه ۸



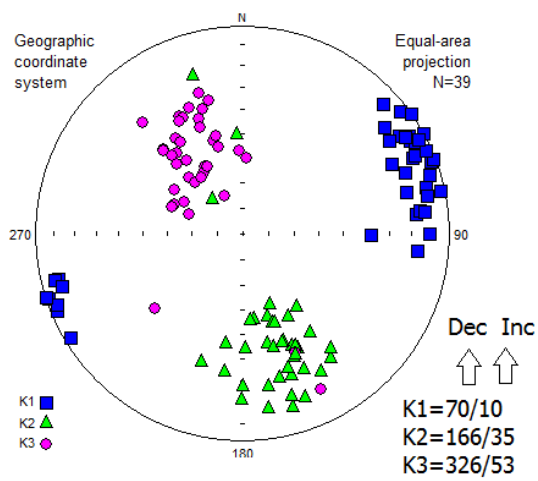
ص- ایستگاه ۷



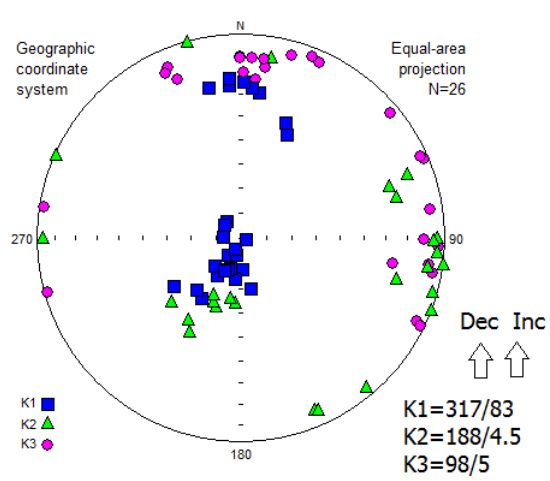
گ - ایستگاه ۱۰



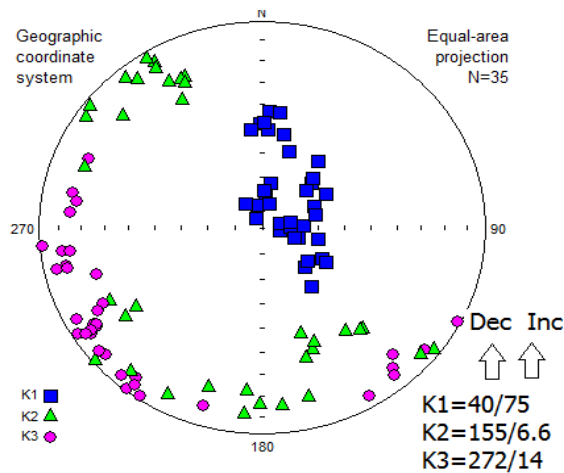
ک - ایستگاه ۹



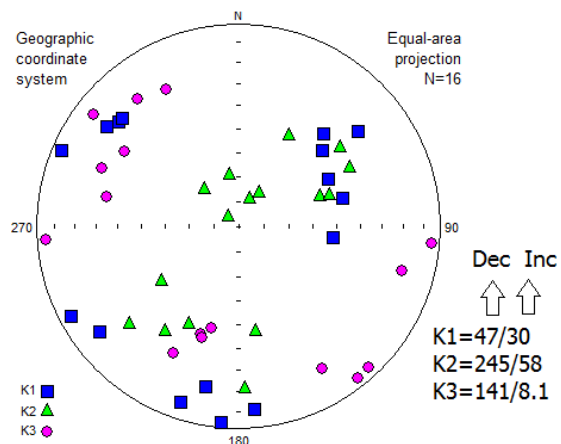
م - ایستگاه ۱۲



ل - ایستگاه ۱۱



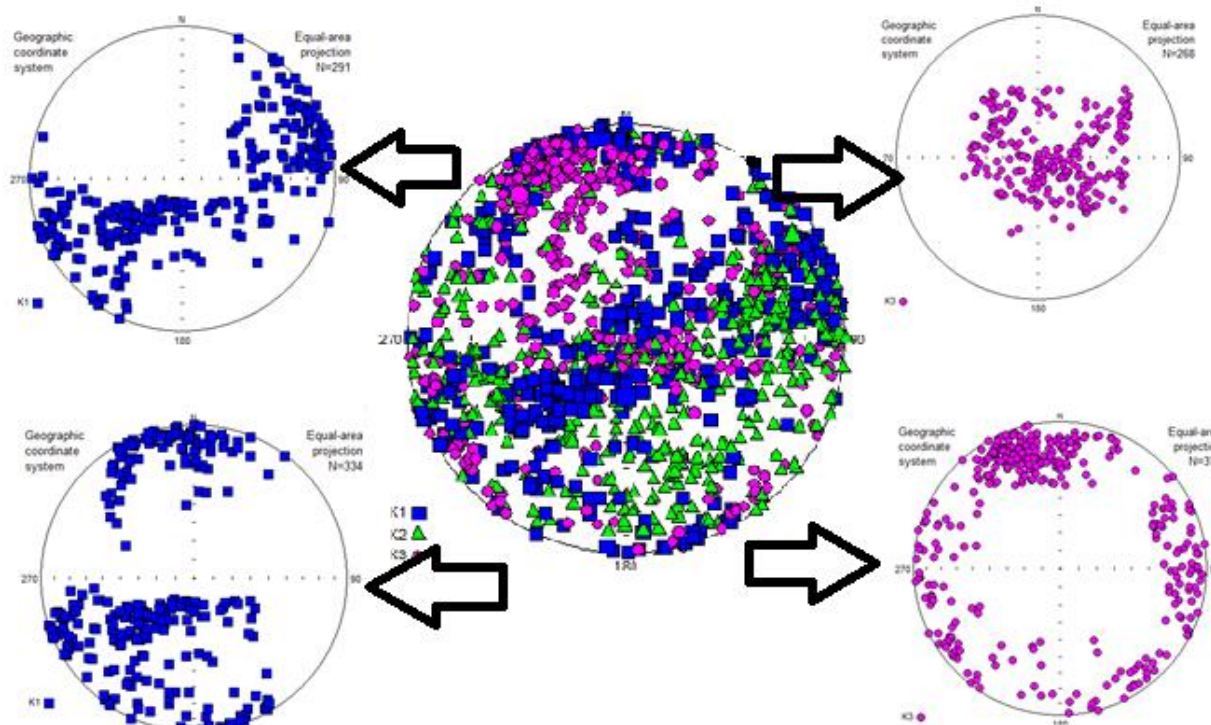
ن- ایستگاه ۱۴



ی- ایستگاه ۱۳

شکل ۵-۲ - تصویر استریوگرام های بدست آمده به کمک نرم افزار safyr 4w برای ایستگاه نمونه برداری شده در منطقه مورد مطالعه. در این تصاویر موقعیت پارامترهای K_1 و K_2 و K_3 و مقادیر شیب و جهت شیب آنها نشان داده شده است.

در شکل ۵-۳ نیز استریوگرام کلی که تمام ۶۵۰ نمونه اندازه گیری شده متعلق به نمونه های اندازه گیری شده را نشان می دهد. در این شکل به طور کلی روند غالب تغییرات K_1 و K_3 در تمام ایستگاه ها نشان داده شده است. این شکل نشان می دهد که تغییرات K_1 در اغلب نمونه های اندازه گیری شده در ایستگاه ها در امتداد شرقی- غربی و شمال شرق - جنوب غرب می باشد که مطابق با روند کلی دایک ها و توزیع کلی ماگما (مذاب) می باشد. قطب های برگواره های مغناطیسی یا K_3 نیز اغلب متمرکز شده در پیرامون مرکز استریوگرام است که نشان دهنده شیب بالای قطب برگوارگی است و یا پیرامون حاشیه استریوگرام واقع شده اند که معرف شیب کم آنها می باشد.



موقعیت K₁ یا خطواره‌های مغناطیسی

موقعیت K₃ یا قطب برگوارگی

شکل ۵-۳- استریوگرام کلی نشان دهنده تمام ایستگاههای نمونه برداری و موقعیت کلی K₁ و K₃ در نمونه های اندازه گیری شده در هر ایستگاه.

با توجه به استریوگرام‌های فوق در دایک‌های دیابازی قطع کننده مجموعه دگرگونی - آذرین دلبر بیارجمند می‌توان به طور کلی روند حرکت مذاب و جایگیری در توده‌های سنگی میزبان خود را به ۳ دسته تقسیم بندی کرد :

۱-توزیع مذاب در تراز افقی و در امتداد راستای دایک ها

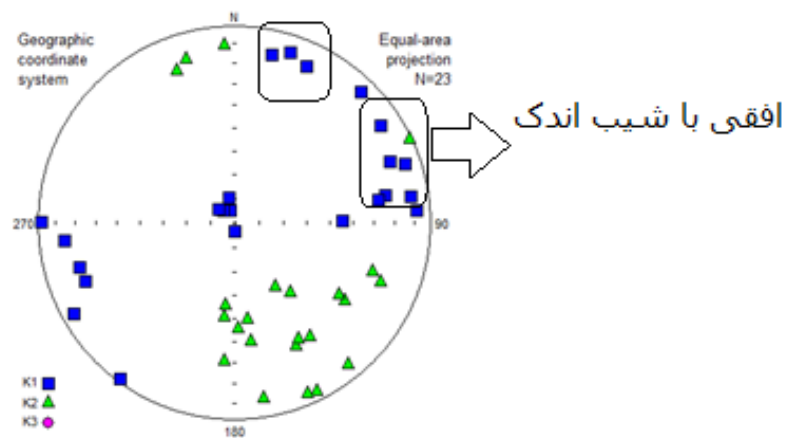
۲-توزیع مذاب در یک راستای عمودی

۳-حالت حدواسط بین دو مورد فوق.

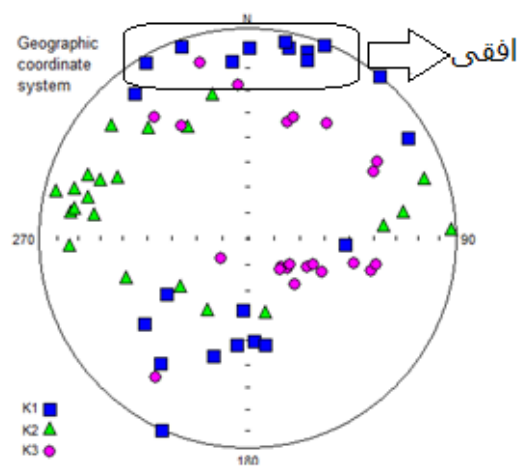
با توجه به این تقسیم بندی می‌توان استریوگرام های بدست آمده را نیز در قالب این ۳ دسته نمایش داد. شکل زیر نشان دهنده استریوگرام های بدست آمده در قالب توزیع مختلف مذاب در

راستاهای متفاوت می‌باشد. این تقسیم بندی بر مبنای موقعیت قرارگیری خطواره های مغناطیسی (K_1) می باشد. با توجه به این شکل ها می‌توان گفت که دایک‌های قطع کننده مجموعه دگرگونی- آذرین دلبه اغلب توزیعی با شیب کم را داشته‌اند و تنها تعدادی از ایستگاه‌ها به طور عمودی یا افقی توزیع دایک‌ها را نشان داده است.

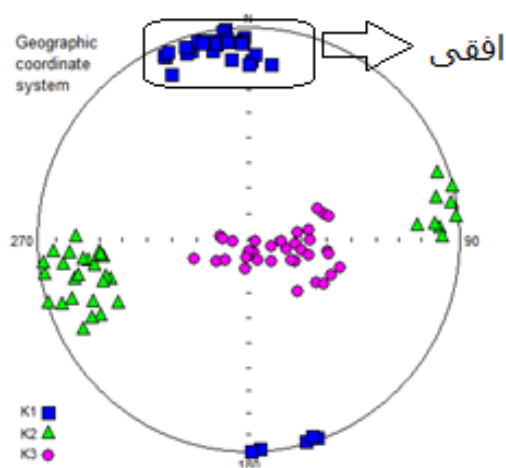
در شکل ۴-۵ کلیه ایستگاههای نمونه برداری و چگونگی توزیع مذاب در آنها نشان داده شده است.



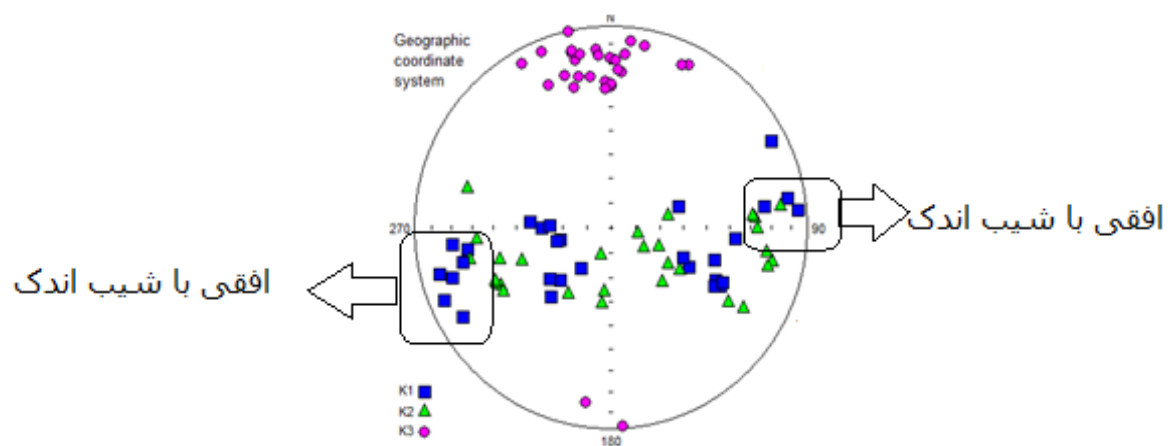
شکل ۴-۵- الف) ایستگاه ۱- با توجه به افقی بودن خطواره‌ها توزیع ماگما تقریباً افقی می‌باشد.



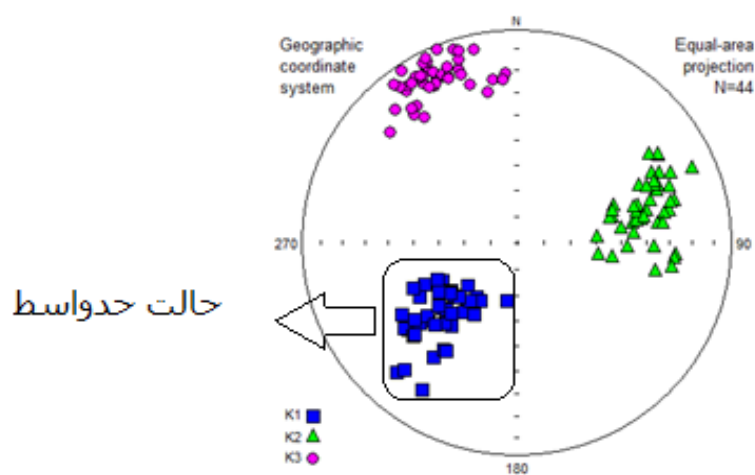
شکل ۴-۵-ب) ایستگاه ۲- با توجه به افقی بودن K_1 توزیع مذاب بصورت افقی با میل کم تا متوسط صورت گرفته است.



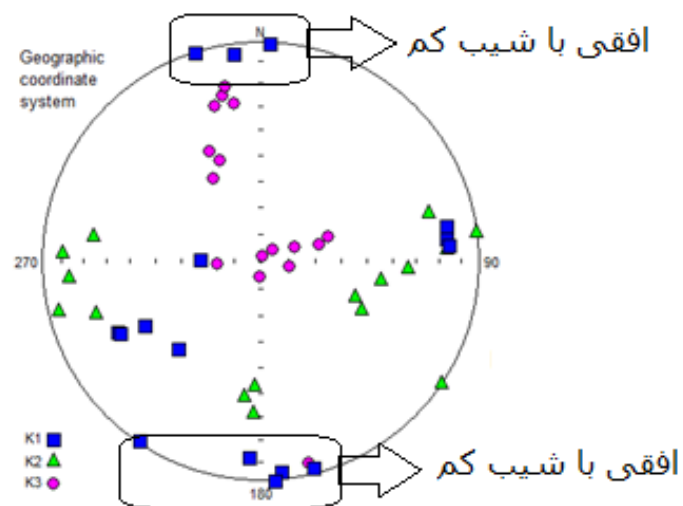
شکل ۴-۵-ج) ایستگاه ۳- توزیع تقریباً افقی مذاب نشان داده شده است.



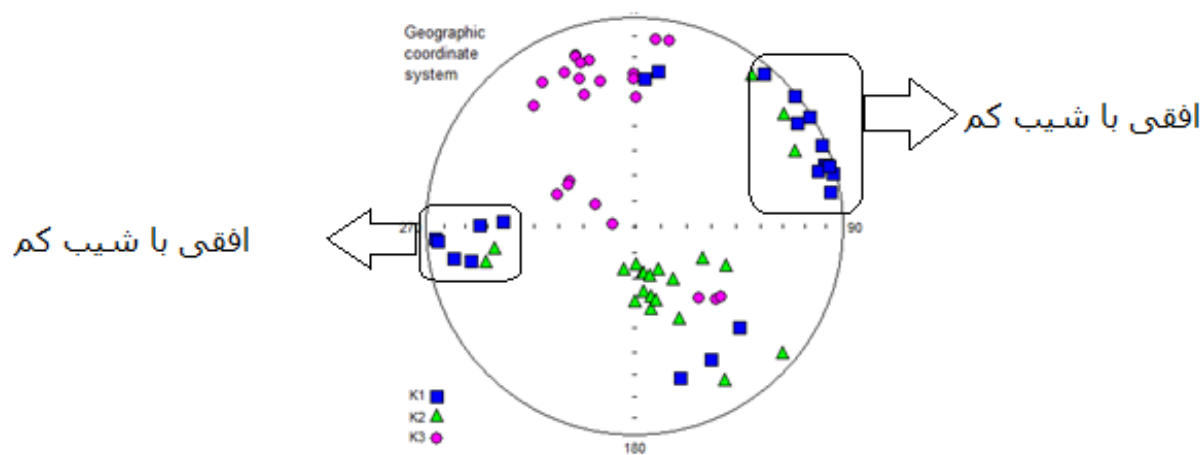
شکل ۴-۵ (د) ایستگاه ۴ - ماگما در یک تراز پرشیب. جریان یافتگی یا خطواره‌ها دارای شیب کم تا زیاد می‌باشند که معرف آشفته‌گی ماگما می‌باشد.



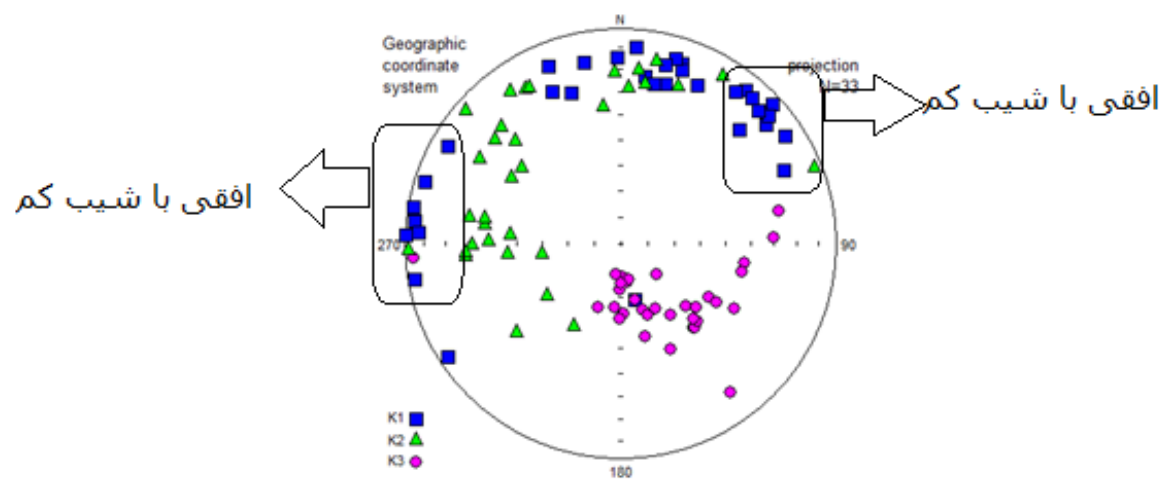
شکل ۴-۵ (ح) ایستگاه ۵- در این ایستگاه حالت حدواسط توزیع افقی و عمودی را مشاهده می‌کنیم که با شیب و میل متوسط مذاب توزیع شده است.



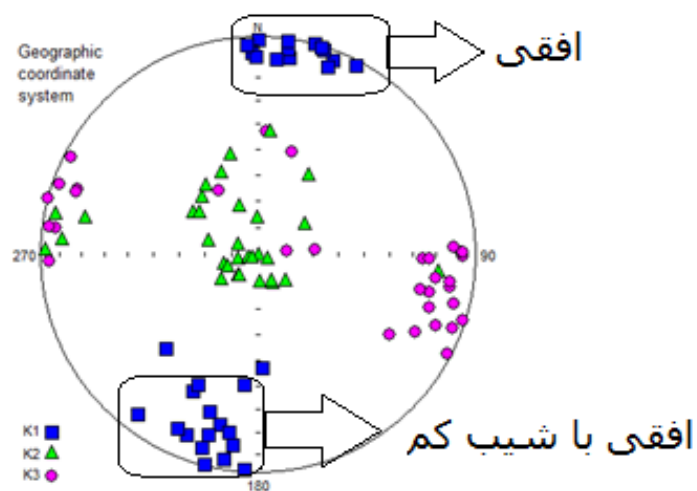
شکل ۵-۴-۵) ایستگاه ۶ - توزیع تقریباً افقی ماگما.



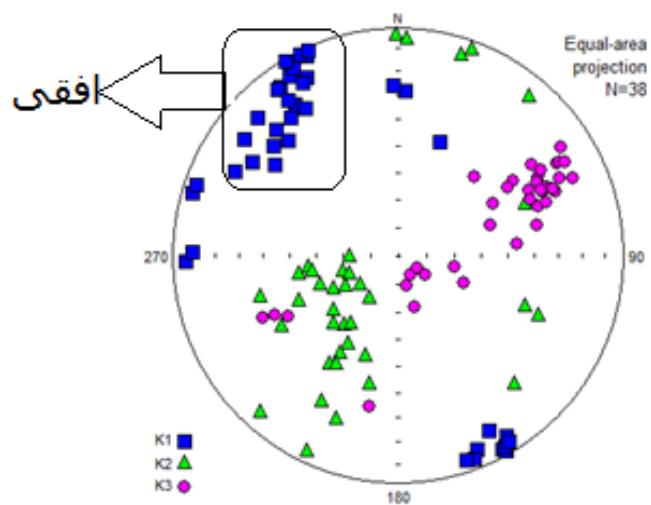
شکل ۵-۴-۵) ایستگاه ۷ - توزیع مذاب بصورت افقی و کم شیب می باشد.



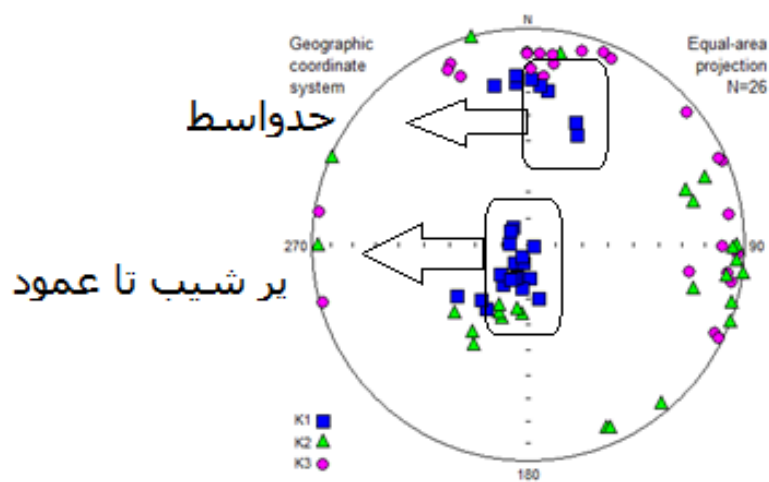
شکل ۴-۵- ش) ایستگاه ۸- توزیع یا جریان یافتگی تقریباً افقی ماگما.



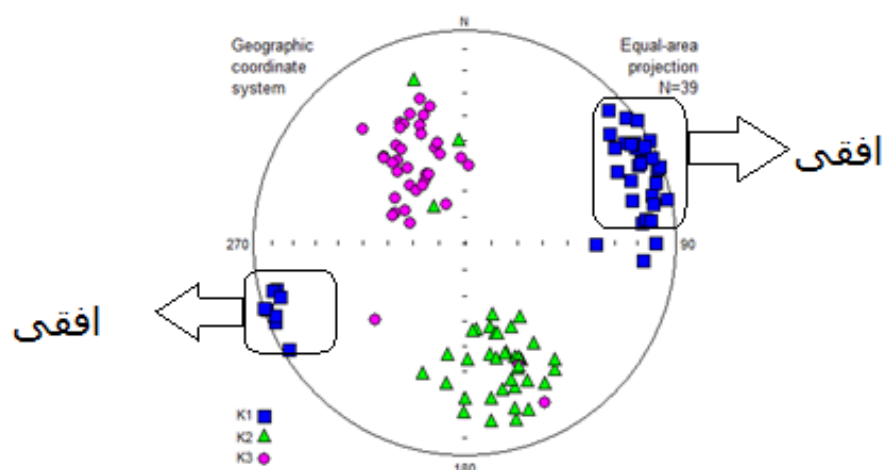
شکل ۴-۵- ص) ایستگاه ۹ - با توجه به موقعیت K_1 توزیع تقریباً افقی ماگما صورت گرفته است.



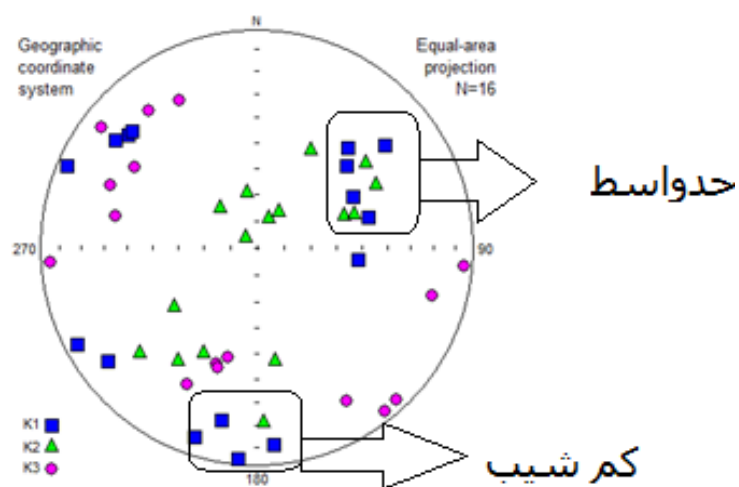
شکل ۵-۴- ض) ایستگاه ۱۰- توزیع تقریباً افقی مذاب نشان داده شده است.



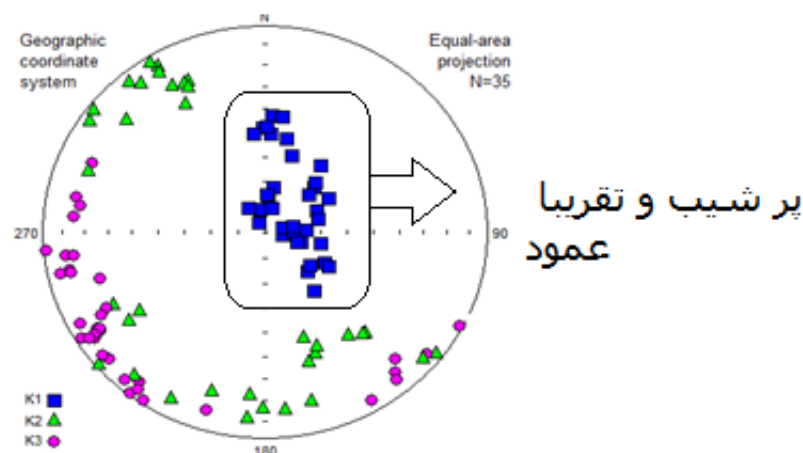
شکل ۵-۴- ع) ایستگاه ۱۱- توزیع ماگما با زاویه میل زیاد و متوسط نشان داده شده است.



شکل ۵-۴ (غ) ایستگاه ۱۲- توزیع ماگما (مذاب) بصورت افقی می باشد.



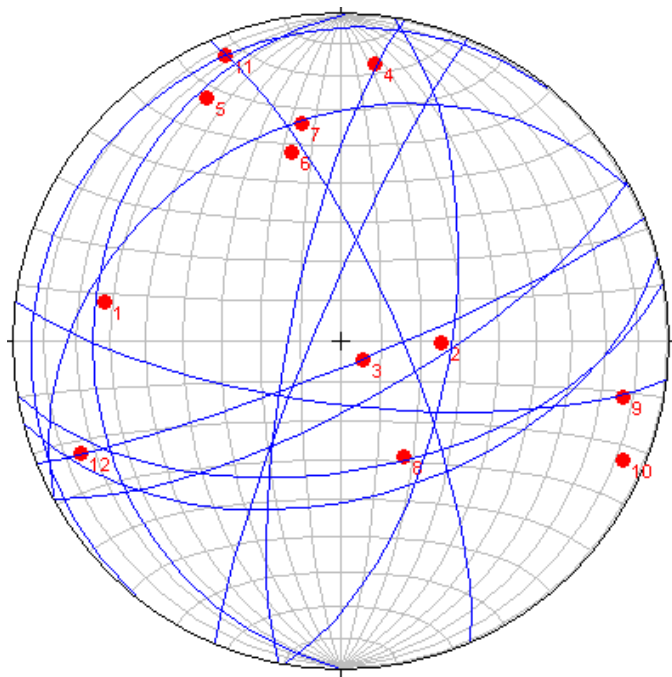
شکل ۵-۴ (ل) ایستگاه ۱۳- توزیع ماگما با زاویه شیب دار کم تا حدواسط می باشد.



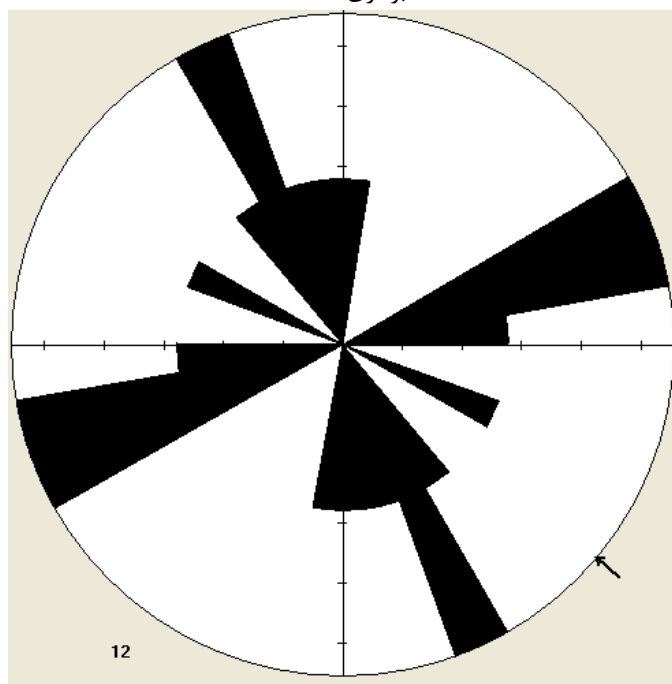
شکل ۵-۴- م) ایستگاه ۱۴- توزیع ماگما تقریبا عمودی می باشد.

شکل ۵-۴- استریوگرامهای نشان دهنده توزیع کلی مذاب در ایستگاههای نمونه برداری نشان داده شده است. در شکل های الف تا م ترتیب توزیع مذاب با توجه به موقعیت K_1 یا خطواره های مغناطیسی نشان داده شده است.

برای نشان دادن نحوه جایگیری مذاب و توزیع آن در فضاهای خالی ایجاد شده در حین صعود، به کمک نرم افزار Georient32v9 که برای دانشجویان گرایش تکتونیک بیشترین کاربرد را دارد برای هر ایستگاه موقعیت قطب برگوارگی مغناطیسی را ترسیم کردیم (شکل ۵-۵) که در فهم و درک بیشتر رخداد توزیع مذاب در دایکها کمک قابل توجهی می کند. هم چنین به وسیله رز دیاگرامهای ترسیم شده، روند کلی دایکها در امتداد شرقی- غربی بدست آمده است که با مشاهدات صحرایی صورت گرفته برای دایکها مطابقت و همخوانی بسیار خوبی می دهد. در شکل های ۵-۵ و ۶-۵ به ترتیب استریوگرامهای معرف برگواره های مغناطیسی به همراه قطب برگواره های مغناطیسی و رز دیاگرام امتدادی برای دایکها نشان داده شده است.



شکل ۵-۵- استریوگرام نشان‌دهنده قطب برگوارگی مغناطیسی و صفحه برگواره‌های مغناطیسی برای تمام ایستگاههای نمونه برداری.



شکل ۵-۶- رز دیاگرام نشان‌دهنده امتداد غالب شرقی - غربی برای دایک‌های مورد مطالعه که بر اساس تفسیر داده‌های مغناطیسی ترسیم شده است.

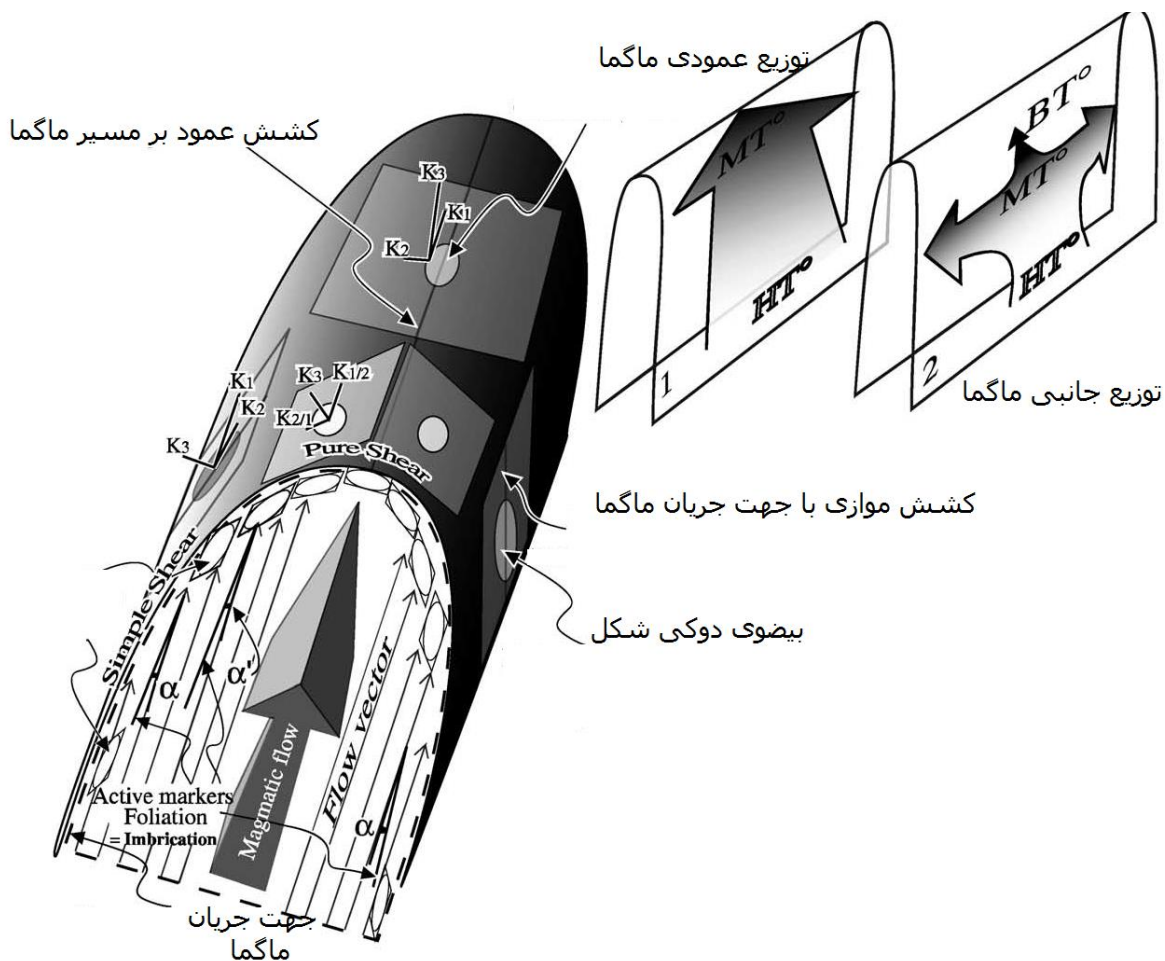
همانطور که مشاهده می شود رز دیاگرام بدست آمده امتداد شرقی - غربی را به عنوان جهت غالب دایک‌های قطع کننده مجموعه دگرگونی- آذرین دلبر معرفی می نماید. بعضی از دایک‌ها هم روند شمالی - جنوبی را نشان می‌دهند. دایک‌های با روند شمال غرب-جنوب شرق از فراوانی بسیار کمتری برخوردار هستند. اطلاعات بدست آمده از رز دیاگرام ترسیم شده با مشاهدات صحرایی و جهت واقعی دایک‌ها در صحرا مطابقت و هم خوانی بسیار زیادی دارد.

در جدول ۵-۲- مشخصات میانگین برگواره‌های مغناطیسی در ایستگاههای نمونه برداری که بر اساس داده‌های فابریک مغناطیسی بدست آمده است نشان داده شده است. در این جدول شیب و جهت شیب هم برای هر ایستگاه آورده شده است، برای مثال در ایستگاه شماره یک، ۶۲ شیب برگواره و جنوب شرق جهت شیب می‌باشد.

جدول ۵-۲- مشخصات برگواره‌های مغناطیسی ایستگاه‌های نمونه برداری ترسیم شده در شکل ۵-۵

شماره ایستگاه	مشخصات برگواره‌های مغناطیسی	شماره ایستگاه	مشخصات برگواره‌های مغناطیسی
۱	N10E/62 SE	۷	N80E/57 SE
۲	N16E/25 NW	۸	N61E/33 NW
۳	N38E/7.5 SW	۹	S11.2W/77 NW
۴	N10E/70 SW	۱۱	N27E/82 NW
۵	N6E/74 SE	۱۳	N68E/83 SE
۶	N75.2E/50 SE	۱۴	S23.4E/75 NE

برای فهم بیشتر و درک چگونگی حرکت و توزیع ماگما و بردارهای K_1 ، K_2 و K_3 تصویری نمادین در شکل ۵-۷ به نمایش گذاشته شده است. این تصویر که برگرفته از مقاله فمیناس و همکاران (۲۰۰۴) می‌باشد در مورد دایک‌های تغذیه کننده بخشی از منطقه کوهستانی کارپاتین در کشور رومانی ترسیم شده است و جهت حرکت ماگما و چگونگی توزیع ماگما را بطور شماتیک و خلاصه (بطور کلی) بیان می‌کند. این تصویر نشان می‌دهد که ماگما در دایک‌ها می‌تواند هم به طور عمودی و هم به طور جانبی توزیع شود.



شکل ۵-۷- تصویری شماتیک از نحوه توزیع ماگما و پارامترهای موثر در آن در مورد دایک‌های ریولیتی منطقه کارپاتین در کشور رومانی (Femenias و همکاران ۲۰۰۴).

۵-۳- تغییرات میزان K_m در ایستگاهها

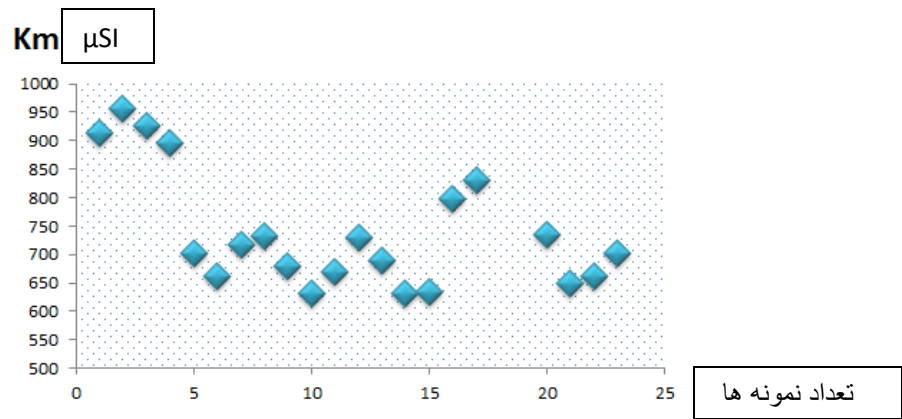
همانطور که در فصل قبل توضیح داده شد یکی از مهمترین پارامترهای مطرح و مورد استفاده در مطالعات مغناطیسی سنگ ها فاکتور K_m می باشد که به عنوان میانگین مقادیر قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی در بررسی ها مورد استفاده می گردد.

طبق گفته فمینانس و همکاران (۲۰۰۴)، پارامتر K_m به عنوان بزرگی کل قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی تعریف می شود و از طریق فرمول زیر محاسبه می شود :

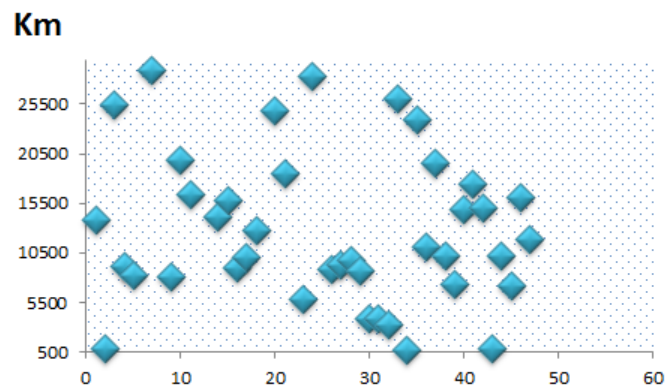
$$K_m = 1/3 (K_1 + K_2 + K_3)$$

برای دایک های مورد مطالعه ابتدا نمودارهای تغییرات K_m را برای هر ایستگاه در اشکال ۵-۸ تا ۵-۱۹ ارائه شده است و سپس به طور مقایسه ای و جامع در یک نمودار تغییرات K_m برای تمام ایستگاه ها را مورد ارزیابی و بررسی قرار داده ایم (شکل ۵-۱۹).

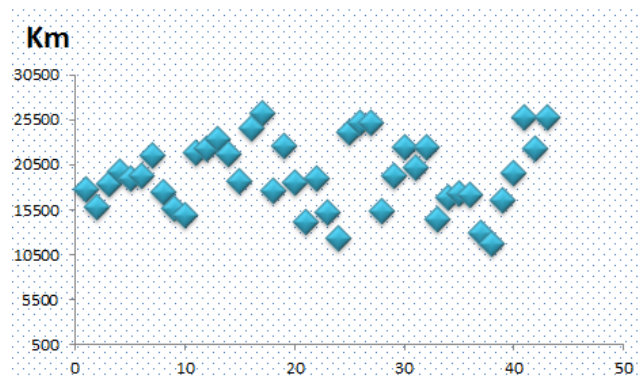
پس از رسم نمودار ها و مطالعه روی هر ایستگاه مشخص شده است که حداقل مقدار K_m مربوط به ایستگاه شماره ۱۲ با مقدار $550 \mu SI$ می باشد. ماکزیمم میزان K_m هم متعلق به ایستگاههای شماره ۷ و ۲ با عددی برابر $31000 \mu SI$ می باشد. با توجه به شکل های ترسیم شده محدوده تغییرات مقدار K_m بین 550 تا $31000 \mu SI$ می باشد.



شکل ۵-۸- نمودار نشان دهنده تغییرات K_m برای ایستگاه شماره ۱

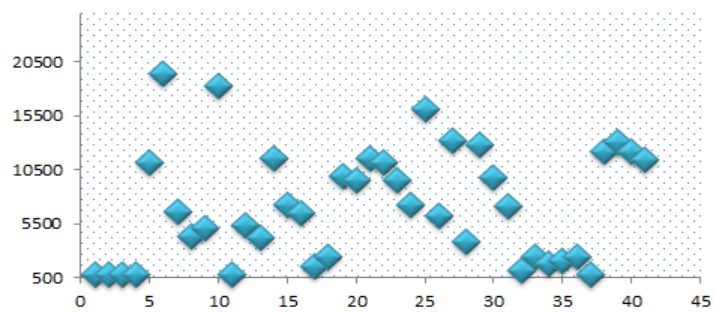


شکل ۵-۹- نمودار نشان دهنده تغییرات K_m برای ایستگاه شماره ۲



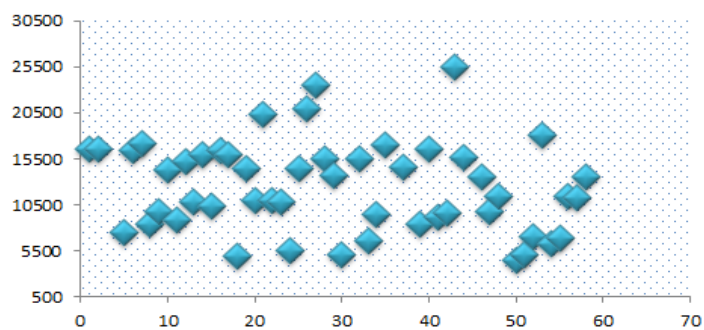
شکل ۵-۱۰- نمودار نشان دهنده تغییرات K_m برای ایستگاه شماره ۳

Km



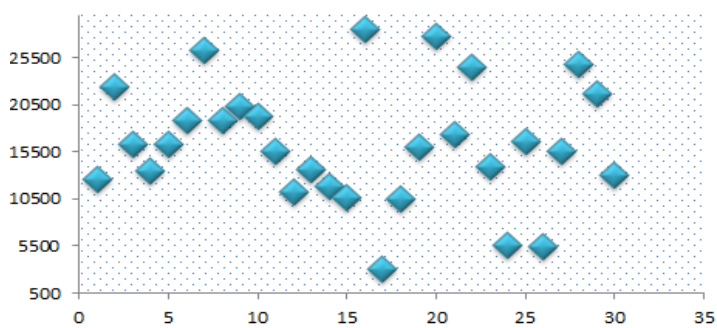
شکل ۵-۱۱- نمودار نشان دهنده تغییرات K_m برای ایستگاه شماره ۴

Km

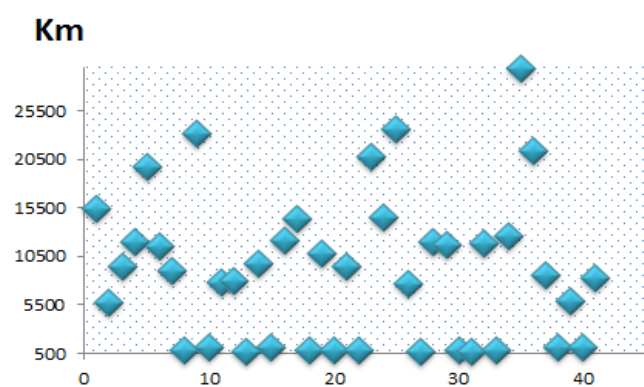


شکل ۵-۱۲- نمودار نشان دهنده تغییرات K_m برای ایستگاه شماره ۵

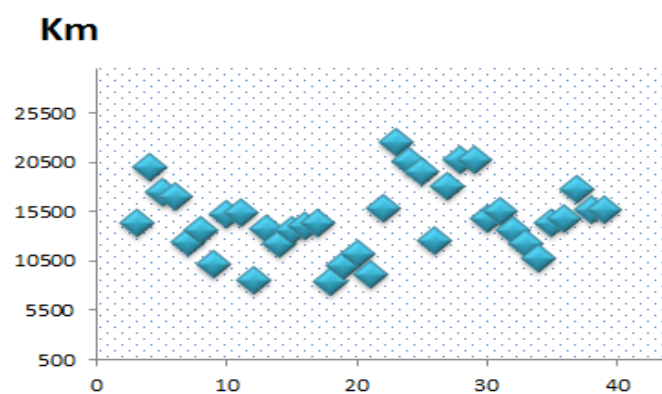
Km



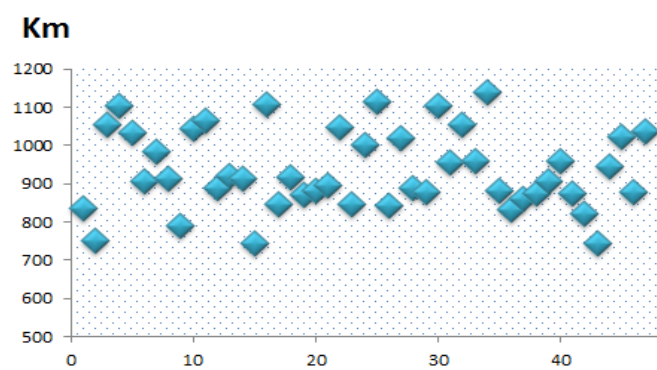
شکل ۵-۱۳- نمودار نشان دهنده تغییرات K_m برای ایستگاه شماره ۶



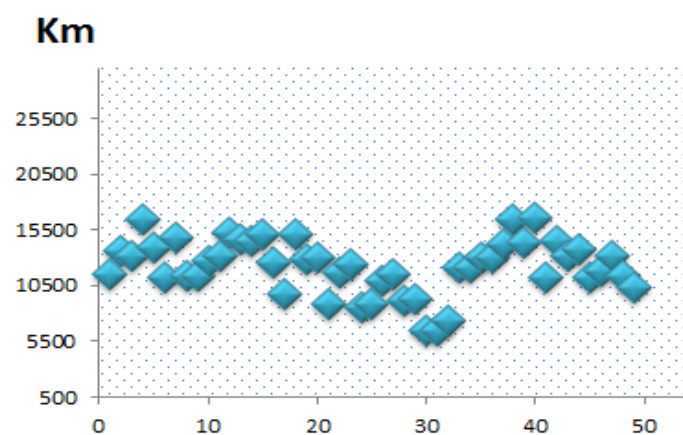
شکل ۵-۱۴- نمودار نشان دهنده تغییرات K_m برای ایستگاه شماره ۷



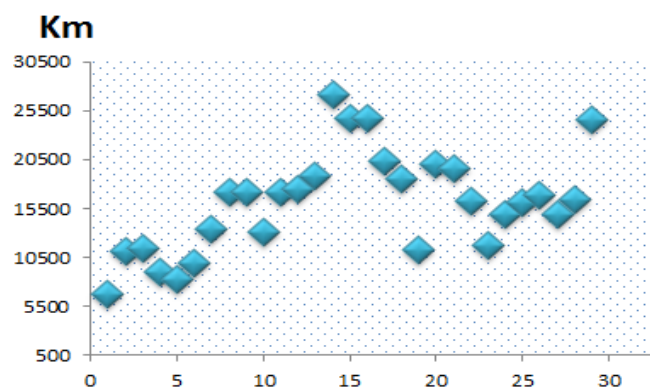
شکل ۵-۱۵- نمودار نشان دهنده تغییرات K_m برای ایستگاه شماره ۸



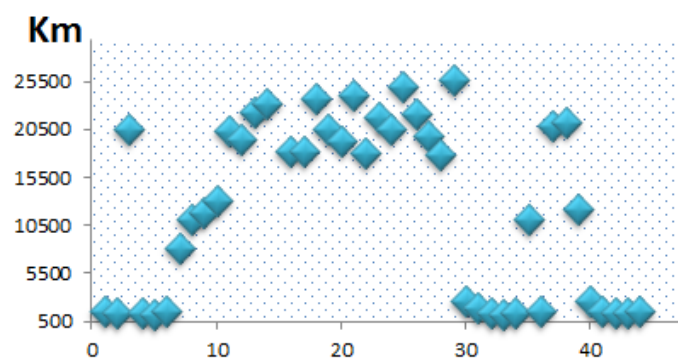
شکل ۵-۱۶- نمودار نشان دهنده تغییرات K_m برای ایستگاه شماره ۹



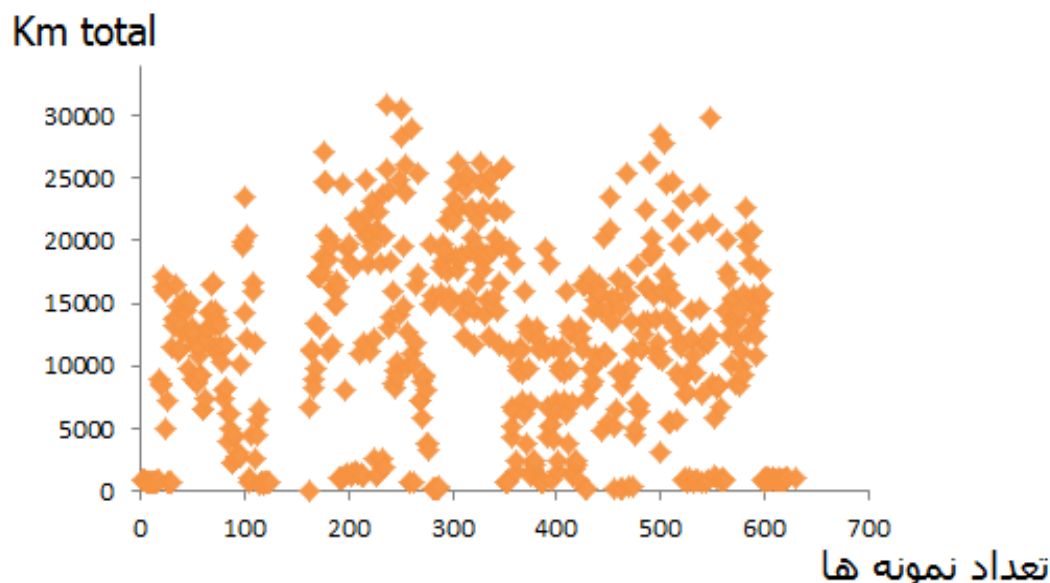
شکل ۵-۱۷- نمودار نشان دهنده تغییرات K_m برای ایستگاه شماره ۱۰



شکل ۵-۱۸- نمودار نشان دهنده تغییرات K_m برای ایستگاه شماره ۱۳



شکل ۵-۱۹- نمودار نشان دهنده تغییرات K_m برای ایستگاه شماره ۱۴



شکل ۵-۲۰- نمودار کلی تغییرات K_m برای نمونه‌های سنگی تمام ۱۴ ایستگاه نمونه برداری شده.

با توجه به نمودارهای ترسیم شده یک سری تغییرات غیر طبیعی در روند K_m برای برخی ایستگاهها مشاهده می شود. به عنوان مثال در ایستگاههای شماره ۴ و ۷ نمونه برداری مشاهده می کنیم که مقدار K_m در چند نمونه از $1000 \mu SI$ الی $500 \mu SI$ می باشد در حالیکه در برخی نمونه های متعلق به همین ایستگاه مقدار K_m بیشتر از $20000 \mu SI$ می باشد. به عبارت ساده تر در چند ایستگاه نمونه برداری بازه تغییرات K_m وسیع بوده و با توجه به یکسان بودن ترکیب سنگ شناسی کلی دایک ها در بیشتر موارد دلیل این اختلاف را باید در ترکیب کانی شناسی آنها جستجو کرد. در مورد ایستگاه ۴ مشاهده شده است که در نمونه های دارای مقدار پایین K_m آثار دگرسانی به وضوح مشاهده می شود و در مورد ایستگاه ۷ هم بررسی نمونه های دارای میزان پایین K_m با بالا بودن مقدار پلاژیوکلاز و کم بودن کانی های پارامگناطیس و فرومگناطیس قابل توجیه است. در مقابل نمونه های دارای K_m بسیار بالا دارای مقادیر فراوان اوژیت، مگنتیت و

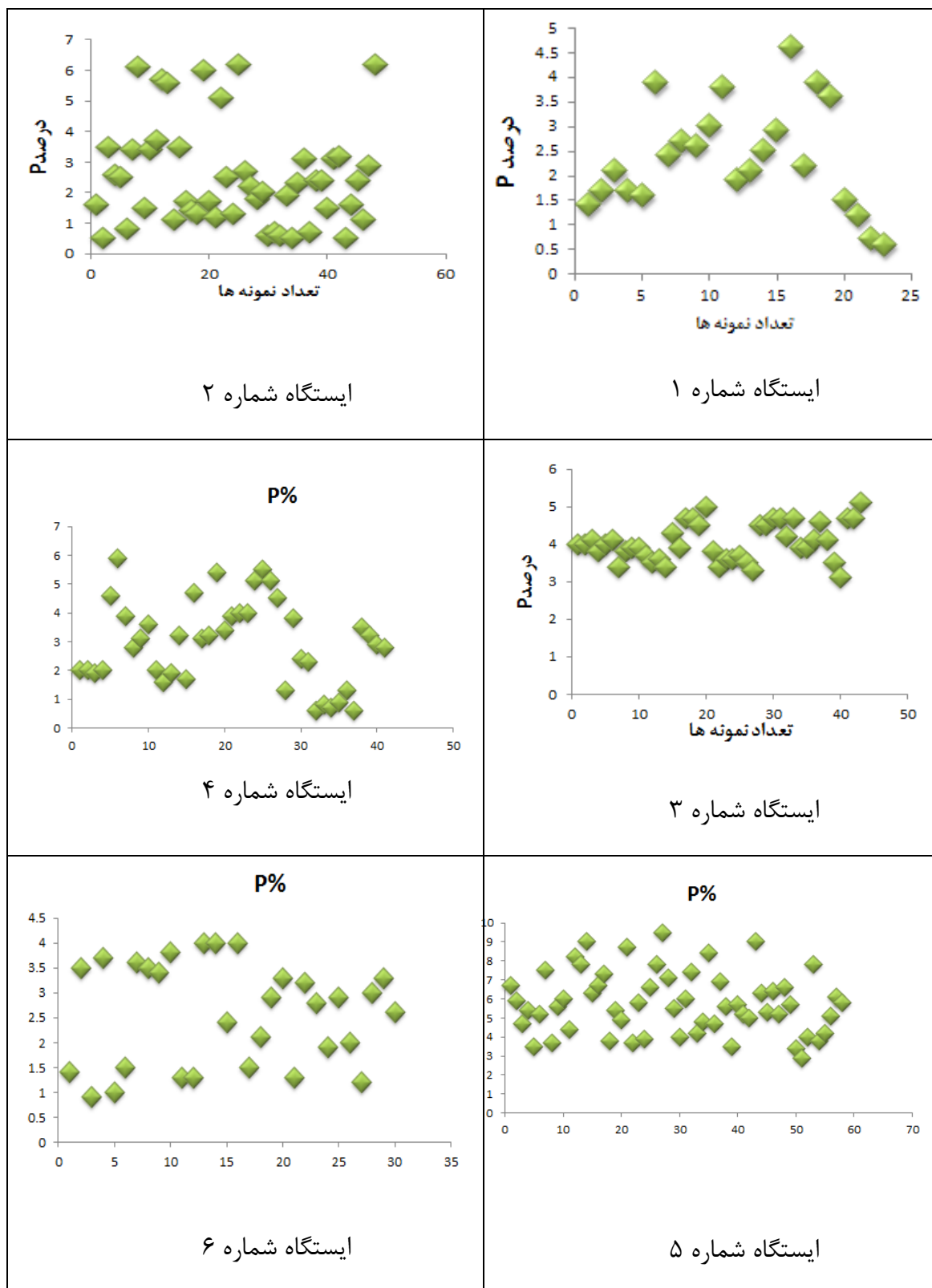
تیتانومگنتیت هستند. در اغلب ایستگاهها روند منظمی در تغییرات K_m مشاهده می‌شود و تفاوت چندانی میان مقادیر K_m نمونه‌ها مشاهده نمی‌شود. جهت تعیین حامل اصلی رفتار مغناطیسی در دایک‌های مورد مطالعه ۱۰ نمونه انتخاب و پودر گردید و جهت تشخیص کانی-شناسی مغناطیسی نمونه‌های انتخاب شده در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کشور به روش گرم کردن در فضای پر شده از آرگن مورد بررسی قرار گرفت. این عمل توسط دستگاه CS-3 که یکی از بخش‌های جانبی دستگاه اندازه‌گیری قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی است انجام شده است. نمودارهای بدست آمده و نتایج حاصل از این آزمایشات به طور مفصل در فصل ششم (بخش ۶-۱۱) توضیح داده شده است.

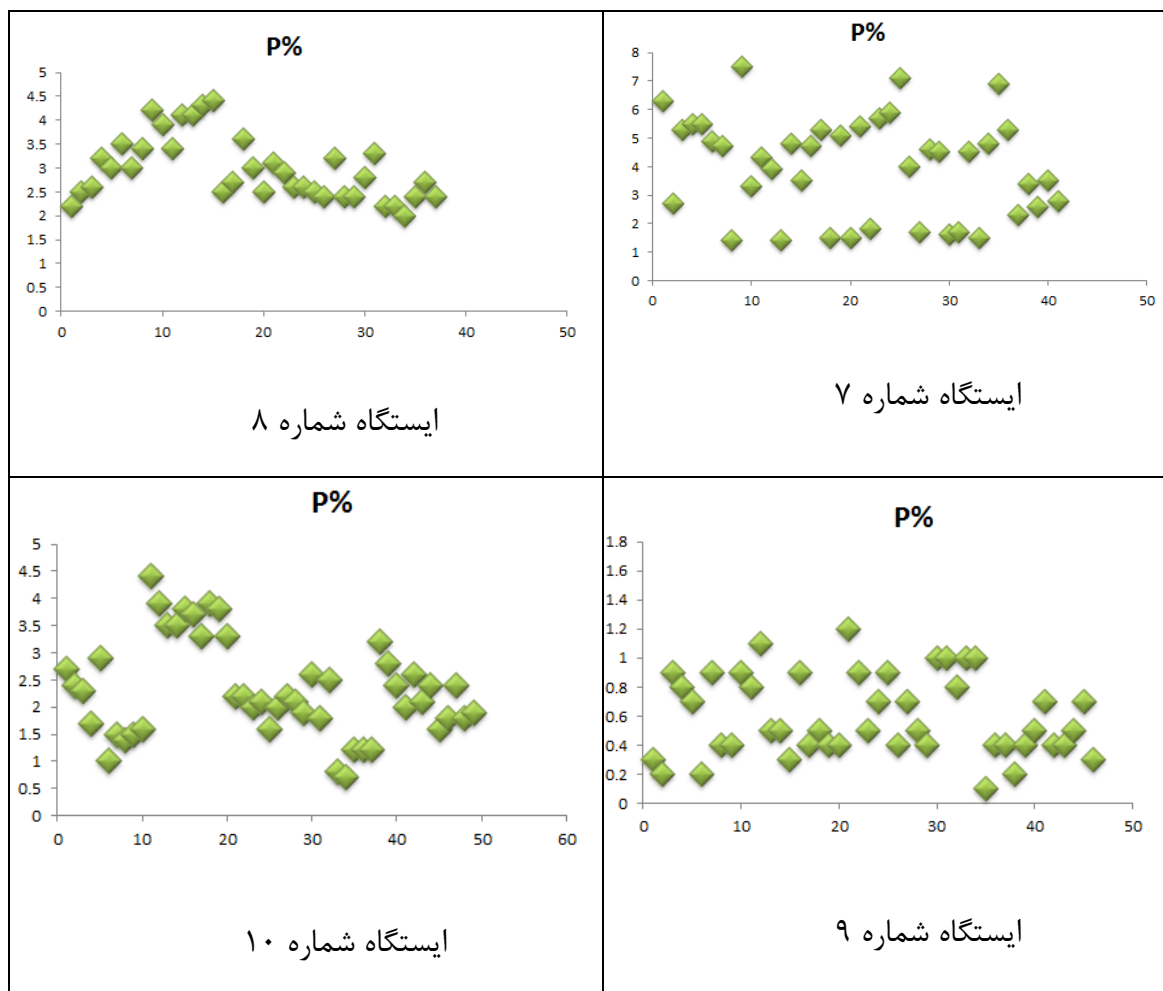
۵-۴- درصد آنیزوتروپی P

درصد آنیزوتروپی از رابطه بین K_1 به عنوان حداکثر مقدار پذیرفتاری مغناطیسی و K_3 معرف حداقل میزان پذیرفتاری مغناطیسی و طبق رابطه زیر تعریف می‌گردد:

$$P = \left(\frac{K_1 - K_3}{K_3} \right) 100$$

دامنه تغییرات درصد آنیزوتروپی مغناطیسی در دایک‌های دیابازی مجموعه دلبر بین ۰/۱ درصد (ایستگاه شماره ۹) تا ۸/۷ درصد (ایستگاه شماره ۱۴) متغیر است. در شکل ۵-۲۲ نمودارهای چند ایستگاه بر اساس پارامتر $P\%$ نشان داده شده است.

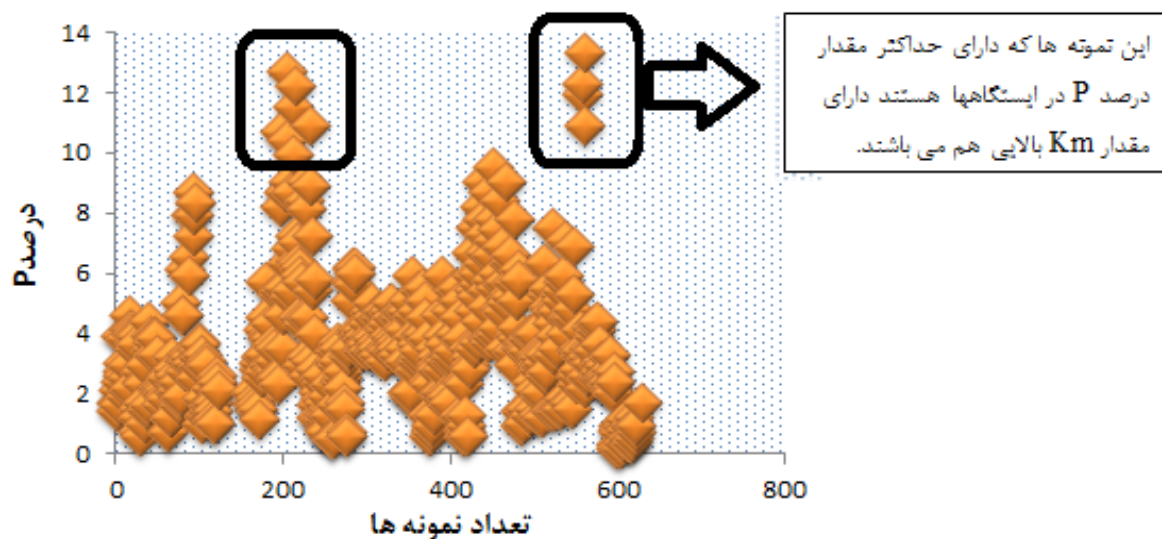




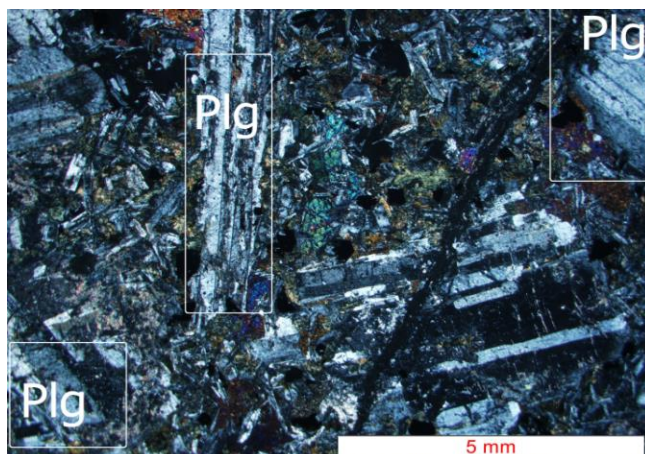
شکل ۵-۲۱- نمودار های درصد آنیزوتروپی P برای ۱۰ ایستگاه نمونه برداری.

با توجه به اینکه دایک‌ها متحمل دگرشکلی نشده‌اند علت تغییرات مقادیر P در واقع نوع آرایش کانی‌ها از جمله بافت میکرولیتی و نوع ساختار بلوری کانی‌های فرومگناطیس و پارامگناطیس می‌باشد. با توجه به نمودار تغییرات پارامتر درصد آنیزوتروپی در هر ایستگاه (شکل ۵-۲۱) درمی‌یابیم که کمترین مقدار P با ۰/۱ درصد مربوط به ایستگاه ۹ می‌باشد و بیشترین مقدار P با ۱۳/۸ درصد مربوط به ایستگاه شماره ۱۴ بوده است. مطالعه میکروسکوپی و تهیه مقاطع نازک از این ایستگاه‌ها نشان داده است که در ایستگاه شماره ۹ کانی‌هایی مثل پلاژیوکلاز بخش اعظم سنگ را تشکیل می‌دهد و حضور کانی‌هایی چون ایلمنیت و مگنتیت خیلی کم مشاهده می‌شود که دلیل پایین

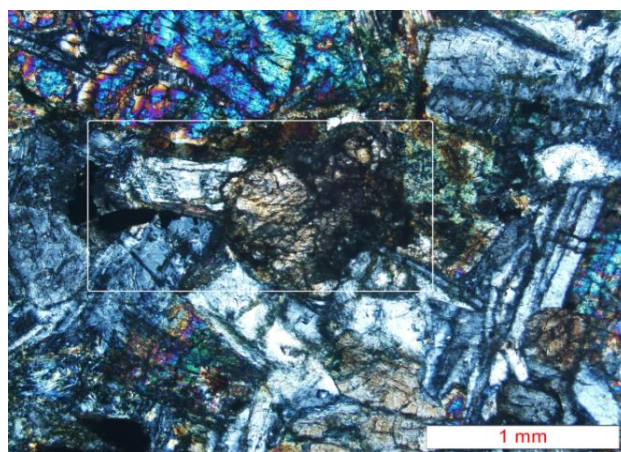
بودن درصد آنیزوتروپی این ایستگاه را سبب شده است (شکل ۵-۲۳)؛ این در حالیست است که بررسی مقطع نازک ایستگاه ۱۴ مبین حضور نسبتا بالای کانیهای همچون: هورنبلند سبز؛ مگنتیت و تیتانومگنتیت می باشد که باعث آنیزوتروپی بالای این نمونه می باشد (شکل ۵-۲۴). نکته جالب دیگر این است که در نمونه های دارای مقادیر بالای P در نمودار زیر که با مستطیل مشکی مشخص شده اند مقدار K_m آنها هم بالا بوده است که این امر ممکن است به نحوه آرایش یافتگی دانه های مگنتیت بستگی داشته باشد.



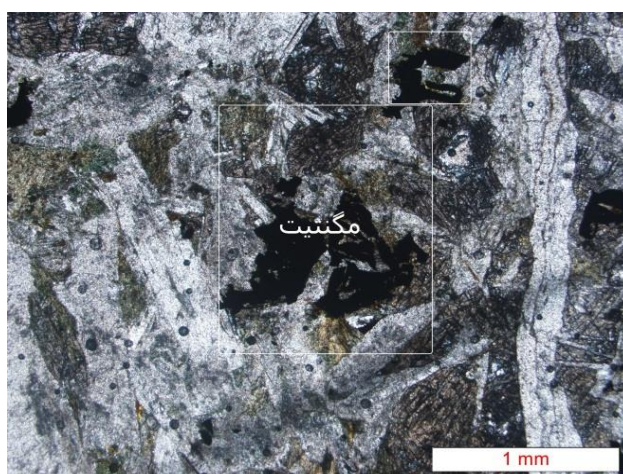
شکل ۵-۲۲- نمودار نشان دهنده تغییرات درصد آنیزوتروپی مغناطیسی ($P\%$) برای کل نمونه های مورد مطالعه.



شکل ۵-۲۳- تصویری از مقطع نازک تهیه شده از نمونه متعلق به ایستگاه ۹ نمونه برداری که در آن کانی پلاژیوکلاز به وفور مشاهده می شود.



الف

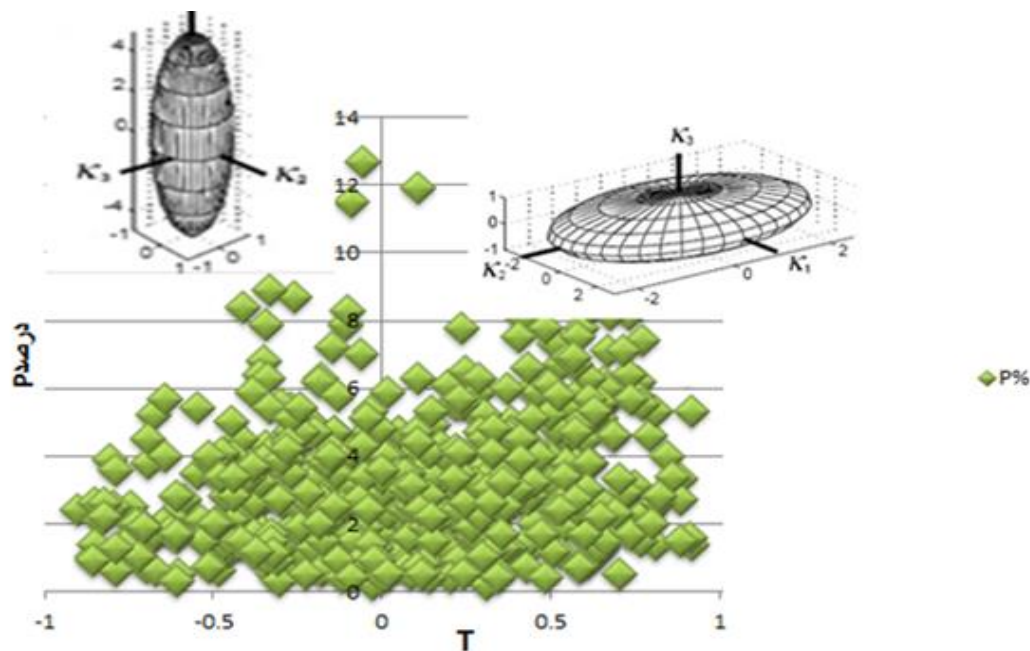


ب

شکل ۵-۲۴- تصویری از مقاطع نازک نازک تهیه شده از نمونه B14D که متعلق به ایستگاه شماره ۱۴ نمونه برداری است. در تصویر (الف) در مرکز مقطع دگرسانی پیروکسن به کانی های مگنتیت و تیتانومگنتیت نشان داده شده است و در تصویر (ب) در مرکز مقطع کانی مگنتیت به عنوان یک کانی اوپک نشان داده شده است.

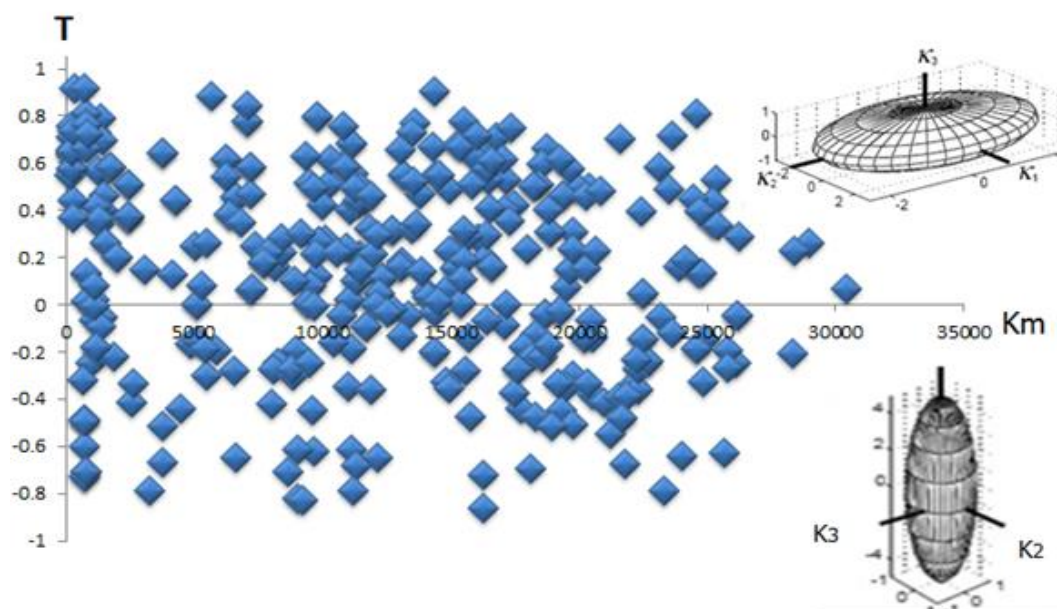
۵-۵-T (پارامتر شکل)

پارامتر شکل، معرف شکل بیضوی مغناطیسی است. مقدار این پارامتر همیشه بین $+1$ تا -1 متغیر است. اگر T بین 0 تا -1 باشد بیضوی‌های 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 0 تا $+1$ قرار گیرد شکل بیضوی مغناطیسی حاصل کلوچه‌ای و بشقابی (Oblate) است و $K_1 \geq K_2 > K_3$ خواهد بود هنگامی که $K_1 = K_2 = K_3$ باشد شکل بیضوی مغناطیسی به صورت کره خواهد بود (یلینک، ۱۹۸۱، هرودا، ۱۹۸۲). بر اساس داده‌های به دست آمده در جدول پیوست ۱، مقادیر عددی پارامتر شکل (T) به هر ایستگاه ارائه شده است. مقادیر پارامتر T دایک‌های دیابازی مطالعه شده بین -0.821 تا 0.905 متغیر است که مقدار حداقل T مربوط به ایستگاه شماره ۲ و بیشترین مقدار آن هم متعلق به ایستگاه پنجم می‌باشد. از نظر سنگ شناسی با مشاهده مقاطع نازک مشخص شده است که تغییرات کانی‌شناسی در برخی ایستگاه‌ها زیاد می‌باشد که تفاوت قابل ملاحظه مقادیر T در بعضی ایستگاه‌ها را باعث شده است. پس از بررسی نمودارهای T برای هر ایستگاه مشخص شد که فقط ایستگاه‌های شماره ۹، ۱۰، ۱۴ و ۳ دارای مقادیر منفی T می‌باشند در حالیکه بقیه ایستگاه‌ها دارای مقدار مثبت برای T می‌باشند. مقاطع نازک میکروسکوپی برای نمونه‌های بدست آمده از ایستگاه‌های دارای T مثبت نشان می‌دهد که آنها دارای مقدار پیروکسن و مگنتیت زیاد می‌باشند، در حالیکه در نمونه‌های بدست آمده از ایستگاه‌های دارای T منفی پلاژیوکلاز از فراوانی بیشتری برخوردار است.



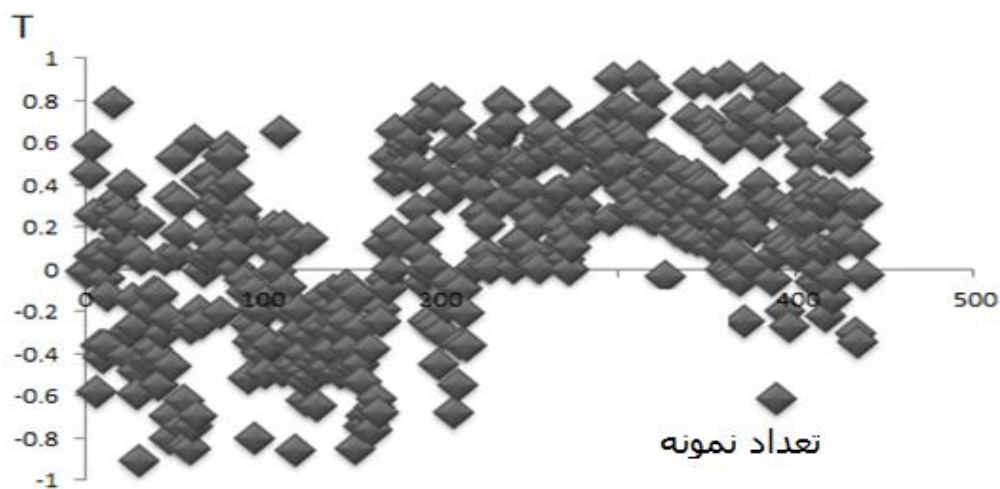
شکل ۵-۲۵- نمودار P در برابر T. توجه نمایید اکثر مقادیر T، بیش از صفر می‌باشد و در محدوده $0 < T < 1$ قرار می‌گیرند. این محدوده بیضوی‌های مغناطیسی کلوچه‌ای شکل است.

ترسیم نمودار K_m در برابر T هم نشان دهنده این است که بیشتر مقادیر T بزرگتر از صفر هستند این امر حاکی از بیضوی کلوچه‌ای شکل برای این ایستگاهها می‌باشد. طبق بررسی‌های صورت گرفته معلوم شده است که نمونه‌های سنگی متعلق به ایستگاه‌های ۹۴ و ۱۰۹ بیشترین نمونه‌های دارای مقدار منفی را به خود اختصاص داده‌اند. در مقابل ایستگاههای ۱۳ و ۱۱ نمونه‌های سنگی دارای بیشترین مقادیر T مثبت را به خود اختصاص می‌دهند. در این نمونه‌ها برگوارگی مغناطیسی بر خطوارگی مغناطیسی ارجحیت نشان می‌دهد.



شکل ۵-۲۶- نمودار نشان دهنده تغییرات Km در برابر T. توجه نمائید که اکثر نمونه‌های مطالعه شده دارای T مثبت می باشند.

شکل ۵-۲۷ توزیع کلی پارامتر T را در تمام ایستگاه های نمونه برداری نشان می‌دهد. همانطور که از نمودار استنباط می‌شود اکثر نمونه ها دارای $T > 0$ می‌باشند. با این وجود مقادیر T از حدود -0.821 تا $+0.905$ متغیر است. در ضمن مقادیر Km هم تا حداکثر $31000 \mu SI$ تغییر نشان داده است.

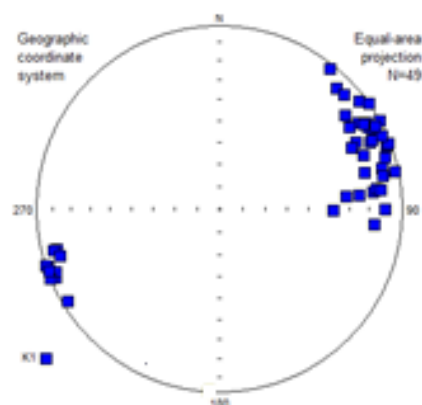
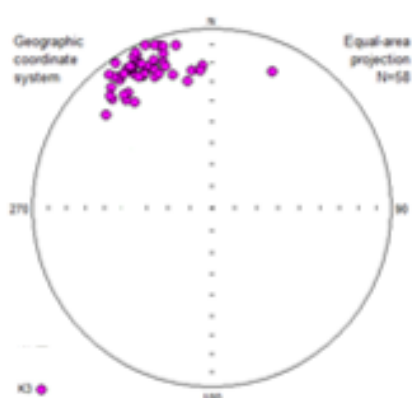


شکل ۵-۲۷- نمودار تغییرات T در نمونه‌های سنگی مورد بررسی متعلق به دایک‌های دیابازی.

۵-۶- الگوی توزیع ماگما در دایک ها براساس تفسیرهای داده های مغناطیسی

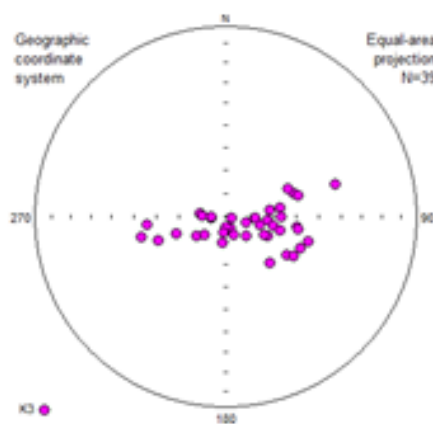
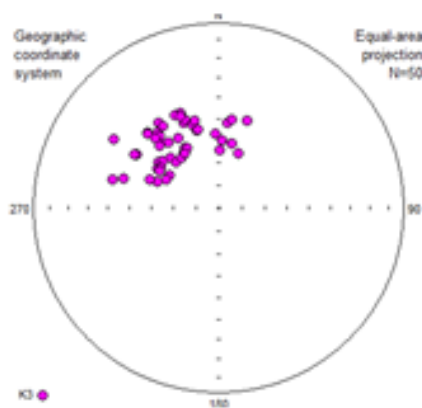
دایک های دیابازی قطع کننده مجموعه آذرین دگرگونی دلبر در ۱۴ ایستگاه مورد مغزه برداری و نمونه گیری قرار گرفته اند. ترکیب سنگ شناسی غالب آنها دیابازی است. با توجه به استریوگرام وضعیّت خطواره های مغناطیسی در شکل ۵-۲۸- الف شیب خطواره های مغناطیسی نسبتاً کم است و غالباً در امتداد شرقی- غربی آرایش یافته اند. میل خطواره های مغناطیسی این توده کمتر از ۶۰ درجه می باشد و غالباً بین ۴۰ تا ۵۰ درجه می باشد. مشخصات میانگین خطواره های مغناطیسی ۳۰/۴۵ است. بر اساس این استریوگرام ها ماگما با شیب کم به سمت شرق حرکت کرده است. در شکل ۵-۲۸- ب، قطب های برگواره های مغناطیسی با میل کم تا افقی نشان داده شده است که می توان آنها را معادل برگوارگی های مغناطیسی با شیب زیاد تا قائم دانست.

در شکل ۵-۲۸- ج، نیز قطب برگواره های مغناطیسی با میل زیاد تا قائم که معادل برگواره های مغناطیسی کم شیب تا افقی هستند. در شکل ۵-۲۸- د، نیز قطب برگواره های مغناطیسی با میل متوسط (حدواسط حالت های ب و ج) که معادل برگواره های با شیب متوسط هستند نشان داده شده است. می توان شیب این دسته را حدود ۳۰ درجه در نظر گرفت. الگوی قرارگیری قطب های برگوارگی مغناطیسی در دایک های مورد مطالعه از سه حالت پیروی کرده است که به ترتیب در شکل های ۵-۲۹ (ب و ج و د) نشان داده شده است.



ب

الف



د

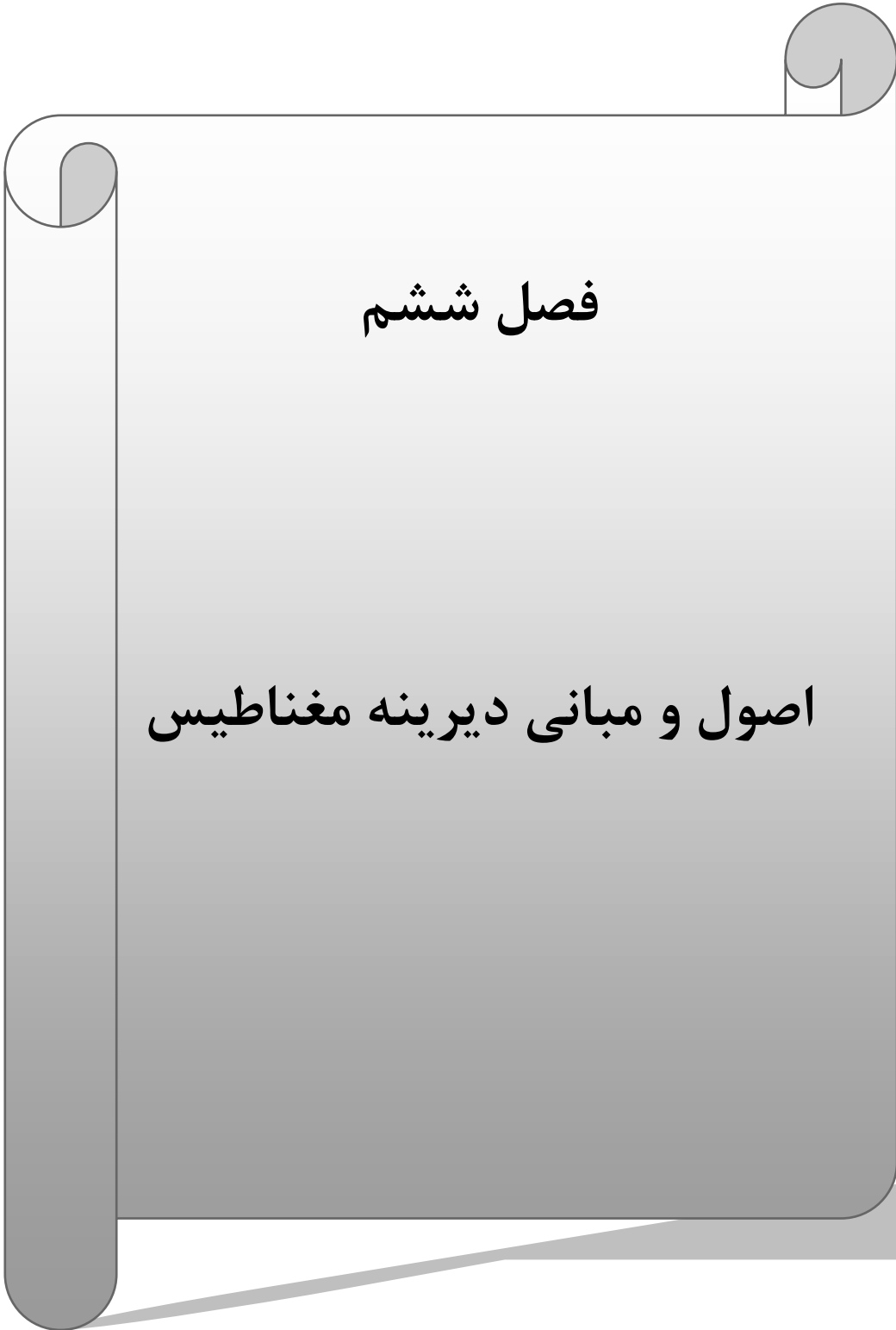
ج

شکل ۵-۲۸- استریوگرامهای نشان دهنده وضعیت کلی خطواره‌های مغناطیسی و قطب برگواره‌های مغناطیسی،
 الف- استریوگرام نشان دهنده وضعیت خطوارگی مغناطیسی (بدست آمده از ایستگاه ۹)
 ب- قطب برگوارگی مغناطیسی افقی (بدست آمده از ایستگاه ۱۳)
 ج- قطب برگوارگی مغناطیسی عمودی (بدست آمده از ایستگاه شماره ۳)
 د- قطب‌های برگوارگی مغناطیسی حدواسط (بدست آمده از ایستگاه شماره ۵)

۵-۷- نتیجه گیری کلی:

در نهایت پس از بررسی‌های انجام گرفته و آزمایشات AMS صورت گرفته بر روی نمونه‌های دایکی منطقه و تفسیر پارامترهای K_1 و K_2 و K_3 برای هر ایستگاه در نهایت توزیع ماگما در دایک‌ها به سه صورت افقی با شیب اندک، حدواسط و پرشیب و تقریباً عمود مشخص شده است. در شکل ۵-۱ تصویر ایستگاه‌های نمونه برداری نشان داده شده است.

با توجه به این شکل و موقعیت هر ایستگاه روی نقشه نتیجه گرفته می‌شود که دایک‌های با روند غالب شرقی- غربی و شمالی- جنوبی توزیع کم شیب در راستای افقی ماگما را نشان می‌دهند و تنها سه دایک نمونه‌برداری شده (ایستگاه‌های ۱۳، ۱۱ و ۱۴) که دارای روند شمال شرق - جنوب غرب می‌باشند توزیع پرشیب در ترازای قائم برای ماگما را از خود نشان داده‌اند.



فصل ششم

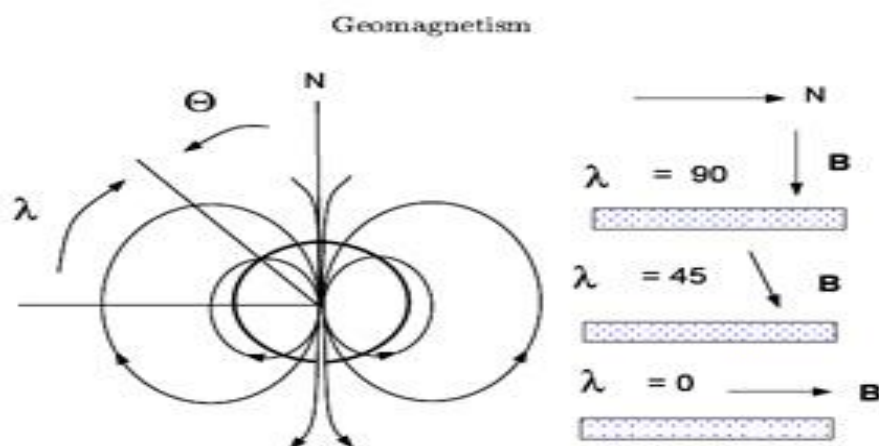
اصول و مبانی دیرینه مغناطیس

موضوع اساسی در دیرینه مغناطیس به دست آوردن ثبتي از شدت و جهتهای میدان قدیمی مغناطیسی زمین در سنگها است. به این منظور نیاز به طرح یک سری تعاریف مشترک و اساسی بین ژئومغناطیس و دیرینه مغناطیس می باشد. در این فصل به اختصار به مفهوم میدان مغناطیسی زمین و تغییرات آن، کانیهای فرومغناطیسی، منشا مغناطیس پسماند طبیعی، روشهای نمونه برداری در دیرینه مغناطیس، کارهای صحرایی، روشهای مغناطیس زدایی، روشهای آماری برای تجزیه و تحلیل دادههای دیرینه مغناطیس و تعیین قطب دیرینه مغناطیسی پرداخته شده است.

۶-۱- میدان مغناطیسی زمین

به منظور درک بهتر میدان مغناطیسی زمین، ابتدا به مفهوم میدان مغناطیسی، مولفههای میدان و سپس جهتهای مغناطیسی آن می پردازیم.

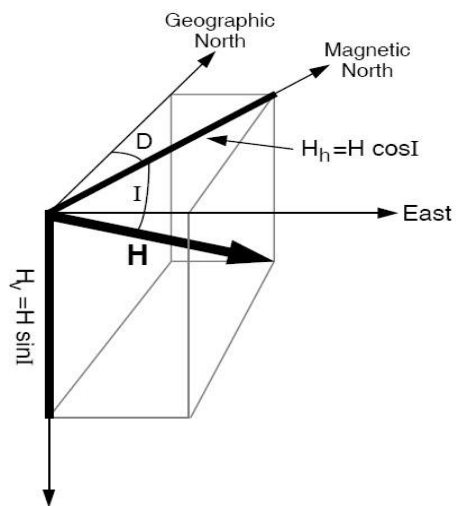
میدان مغناطیسی زمین از فرآیندی دینامیکی منشا می گیرد که ناشی از چرخش همرفتی بار الکتریکی در هسته بیرونی زمین است که دارای وضعیت سیال می باشد. این سیال ترکیبی از آهن، نیکل و اجزا سبک تر ناشناخته است. حرکتهای این سیال رسانا توسط چرخش زمین حول محورش به طور جزئی کنترل می شود. می توان این طور تصور کرد که این میدان توسط یک بار الکتریکی بی نهایت واقع در مرکز زمین و در امتداد محور دوران آن تولید می شود. در شکل (۶-۱) مقطعی از کره زمین با یک دوقطبی مغناطیسی واقع در مرکز و در امتداد محور زمین نشان داده شده است. به عبارت دیگر این شکل، میدان دوقطبی مرکز محوری را نشان می دهد.



شکل ۶-۱- سمت چپ: میدان مغناطیسی دوقطبی مرکز محور λ و θ به ترتیب عرض و متمم عرض جغرافیایی هستند در سمت راست: زوایای میل مغناطیسی مربوط به میدان در سطح زمین در عرض‌های جغرافیایی متفاوت نشان داده شده است (Tauxe, 1998).

در شکل ۶-۱، زاویه میان خطوط میدان و خط افق در هر نقطه از سطح زمین، بین صفر در استوا تا ۹۰ درجه در قطب‌ها تغییر می‌کند. تراکم خطوط میدان مغناطیسی در قطب‌ها از استوا بیشتر است، بنابراین شدت میدان مغناطیسی در قطب چند برابر استوا است. این مدل دوقطبی براساس نظریه GAD (Geocentric Axial Dipole) تکیه‌گاهی برای مباحث دیرینه مغناطیسی و کاربردهای آن محسوب می‌گردد.

مولفه‌های میدان مغناطیسی زمین در شکل ۶-۲ نشان داده شده است. جهت‌های مغناطیسی توسط زوایای I و D که به ترتیب زاویه میل و انحراف مغناطیسی است، تعریف می‌شوند. زاویه میل مغناطیسی، زاویه‌ای است که بردار میدان مغناطیسی با سطح افق می‌سازد و زاویه انحراف مغناطیسی، زاویه بین شمال مغناطیسی و شمال جغرافیایی است.



شکل ۶-۲- این شکل میدان مغناطیسی کل زمین با مولفه های افقی وعمودی آن و زوایای میل و انحراف مغناطیسی را نشان می دهد (McElhinny, 1973)
مولفه های میدان مغناطیسی زمین از روابط زیر تعیین می گردند:

$$H_h = H \cos I \quad H_v = H \sin I \quad \text{روابط (۶-۱)}$$

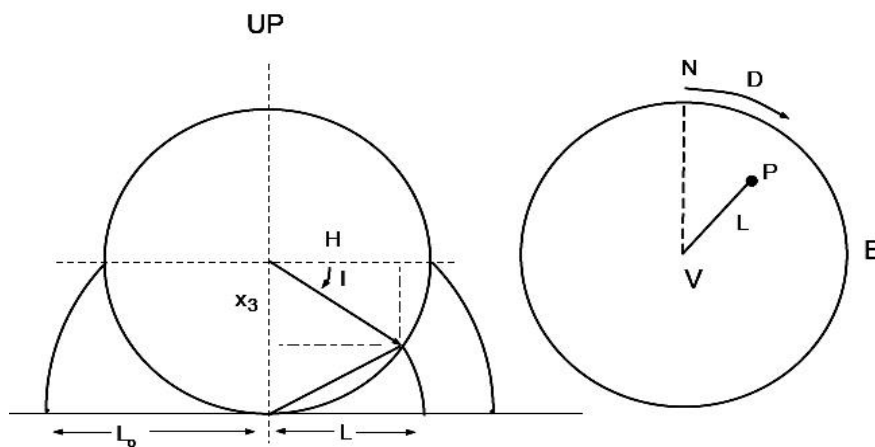
$$H_N = H \cos I \cos D \quad H_E = H \cos I \sin D$$

در روابط فوق H_v مولفه عمودی میدان مغناطیسی و مثبت به سمت پایین، H_h مولفه افقی میدان مغناطیسی، H_N و H_E مولفه های به ترتیب شمالی و شرقی میدان هستند. با توجه به روابط فوق شدت H میدان مغناطیسی از رابطه زیر بدست می آید.

$$H = \sqrt{H_N^2 + H_E^2 + H_v^2} \quad \text{رابطه (۶-۲)}$$

در شکل ۶-۲ مولفه های میدان مغناطیسی، همچنین میدان مغناطیسی کل و I زاویه میل مغناطیسی، که مساوی است با زاویه میان میدان مغناطیسی H و افق، D زاویه انحراف مغناطیسی

است که زاویه میان مولفه افقی میدان مغناطیسی و شمال جغرافیایی زمین برابر می‌باشد. زاویه میل از -90° تا $+90^\circ$ درجه و زاویه انحراف مغناطیسی از صفر تا 360° درجه تغییر می‌کند. در شکل ۳-۶ نمایشی از جهت‌های مغناطیسی برای یک نقطه مانند P دیده می‌شود.



شکل ۳-۶ - شکلی از یک تصویر سازی هم‌مساحت از جهت‌های مغناطیسی برای یک نقطه p با مقادیر $D=40^\circ$ و $I=35^\circ$ (Tauxe, 1998)

۲-۶- رفتار مواد از دیدگاه مغناطیسی

مواد از نظر مغناطیسی به سه رده قابل تقسیم می‌باشند:

- (۱) مواد دیامغناطیس
- (۲) مواد پارامغناطیس
- (۳) مواد فرومغناطیس

۱-۲-۶- کانی‌های فرومغناطیسی

سنگ‌های حاوی کانی‌های فرومغناطیسی برای مطالعات دیرینه مغناطیسی مناسبند، چون با کمترین مقدار میدان، دو قطبی‌های مغناطیسی آنها در راستای جهت میدان مغناطیسی اعمال شده به خط می‌شوند یا به عبارتی در یک راستا قرار می‌گیرند.

ویژگی‌های شاخص مواد فرومغناطیس عبارتند از :

- ۱- دمای کوری که جزء ویژگی ذاتی آن هاست.

۲- اشباع مغناطیسی که در واقع با افزایش میدان مغناطیسی، بیشترین به خط شدگی دو قطبی‌های موجود، صورت می‌گیرد.

۳- اثرات قطر و اندازه دانه‌ها در رفتار مغناطیسی آنها موثر است.

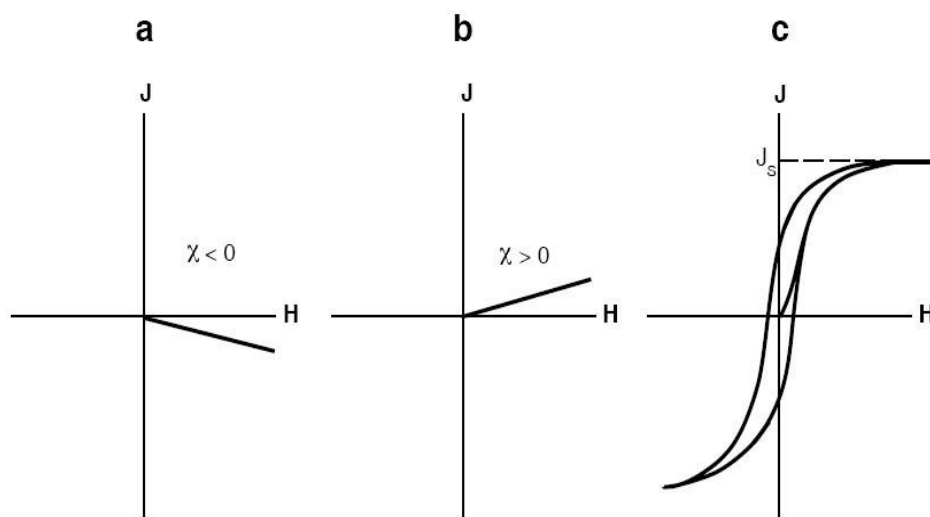
در واقع پارامترهای ذکر شده خواص مغناطیسی سنگ‌ها را تعیین می‌کنند. مواد از لحاظ خاصیت مغناطیسی به سه دسته تقسیم می‌شوند: دیا، پارا و فرومغناطیس.

دیامغناطیس: در این مواد، دوقطبی‌های مغناطیسی نامنظم و در جهات مختلف قرار دارند و با اعمال میدان خارجی یک میدان بر خلاف جهت میدان اعمال شده در ماده به وجود می‌آید. پذیرفتاری مغناطیسی این مواد منفی است.

پارامغناطیس: این مواد در حضور میدان مغناطیسی خارجی تعدادی از دو قطبی‌های خود را در راستای میدان مغناطیسی اعمال شده آرایش می‌دهند. این مواد کمی الکترون جفت نشده در مدار خارجی خود دارند و به همین دلیل اسپین جفت نشده دارند و خاصیت مغناطیسی خود را با برداشتن میدان از دست می‌دهند ولی پذیرفتاری مغناطیسی این مواد مثبت و مقدار آن کم است و با عکس دما متناسب می‌باشد (قانون کوری).

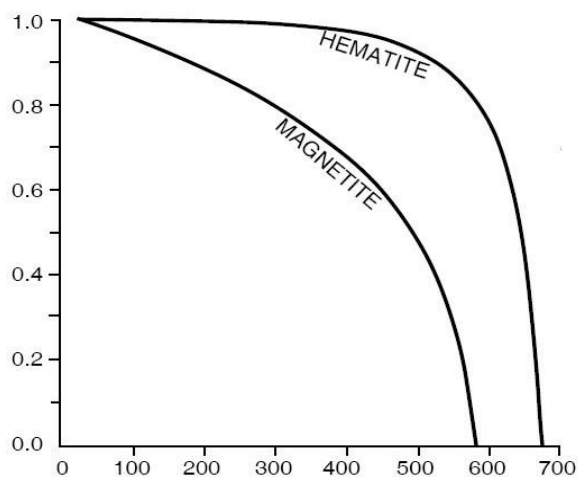
فرومغناطیس: دارای تعداد کمی اسپین جفت نشده هستند، اشباع مغناطیسی دارند، پذیرفتاری مغناطیسی آنها چندین برابر مواد دیا و پارامغناطیس است و با افزایش دما خاصیت مغناطیسی آنها کاهش می‌یابد تا در دمای کوری از بین می‌رود.

حالت‌های ایده‌آل رفتارهای مغناطیسی مواد در شکل ۴-۶ نشان داده شده است. در این شکل‌ها تغییرات مغناطیس شدگی J بر حسب میدان مغناطیسی H با پذیرفتاری مغناطیسی χ نمایش داده شده است. مواد دیامغناطیس با $\chi < 0$ ، مواد پارامغناطیس با $\chi > 0$ و مواد فرومغناطیس با χ متغیر که رفتار این دسته از مواد از منحنی (پسماند) هیستریزیس تبعیت می‌کند.



شکل ۴-۶- سه نوع از ویژگی‌های مغناطیسی اساسی مواد در حین قرارگرفتن در یک میدان مغناطیسی از خود نشان می‌دهند (Butler, 2004).

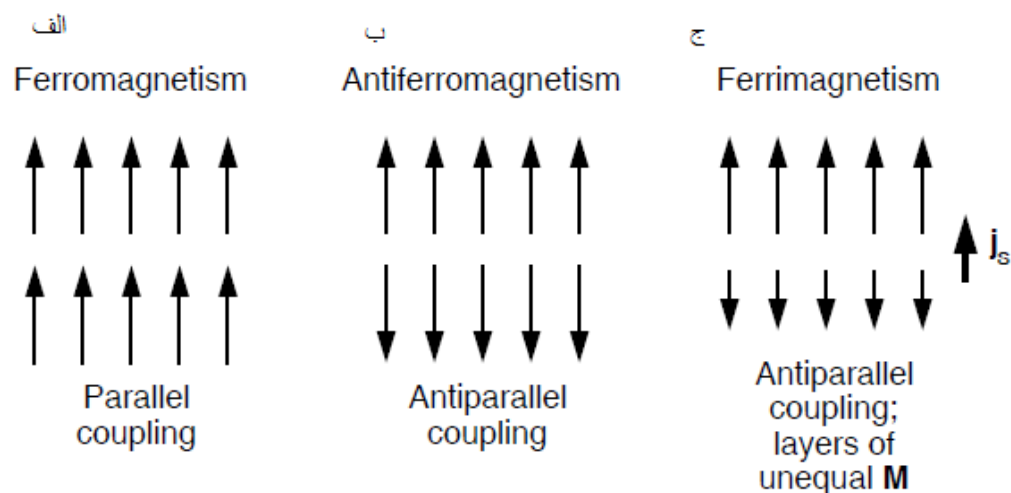
در مواد فرومغناطیس گشتاورهای دو قطبی مغناطیسی اتم‌ها با یکدیگر تداخل دارند، در نتیجه تبادل انرژی می‌کنند. معروفترین آنها مگنتیت و هماتیت هستند که دمای کوری آنها 580° سانتیگراد برای مگنتیت و 680° سانتیگراد برای هماتیت بوده و بوده و مغناطیس شدگی اشباع آنها به ترتیب ۴۸۰ گوس برای مگنتیت و ۲ گوس برای هماتیت در دمای محیط می‌باشد (شکل ۵-۶ را نگاه کنید).



شکل ۵-۶- نمودار مغناطیس اشباع برحسب دما برای مگنتیت و هماتیت (باتلر، ۱۹۹۸).

نمودار فوق نشان می‌دهد که اشباع مغناطیسی تابع دما است و با افزایش دما افت اشباع نسبت به اشباع اولیه مشاهده می‌شود. وقتی دما تا حدود ۲۸۰ درجه افزایش می‌یابد مغناطیس مگنتیت از ۱ به ۰/۸ افت می‌کند، در حالیکه در مورد هماتیت برای رسیدن به همین مقدار افت اشباع باید دما تا حدود ۶۷۰ درجه افزایش یابد، از اینرو مگنتیت در زمره اجسام دارای مغناطیس سخت قرار می‌گیرد و هماتیت در زمره اجسام دارای مغناطیس نرم جای می‌گیرد. مغناطیس سخت به خوبی جهت‌های میدان مغناطیسی قدیمی را در خود ثبت و حفظ می‌کند.

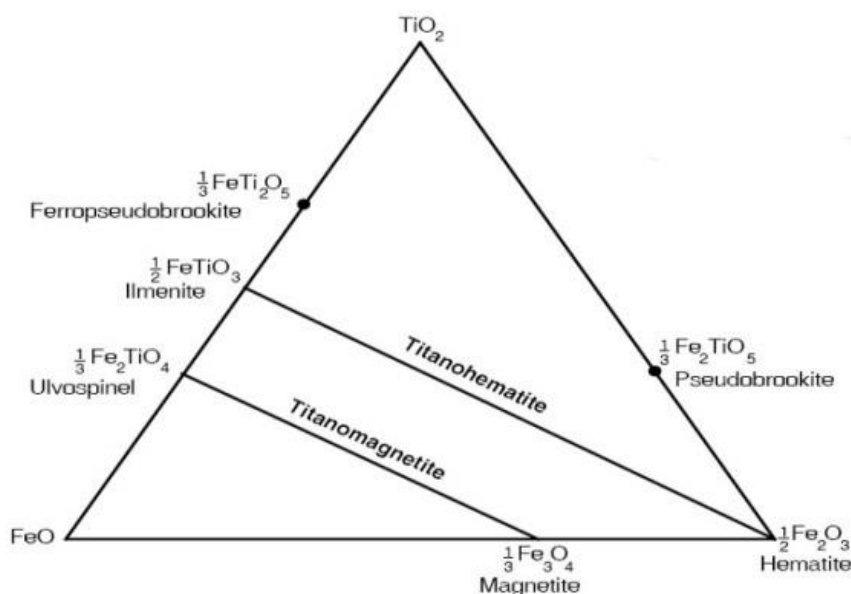
در شکل ۶-۶ جفت شدگی تبدیلی بردارهای دو قطبی مغناطیسی را در سه دسته مواد فرو، آنتی فرو و فری مغناطیس نشان می‌دهد. آهن-نیکل و کبالت فرومغناطیس هستند، هماتیت آنتی‌فرو مغناطیس می‌باشد و مگنتیت فری-مغناطیس است. بردار مغناطیس‌شدگی خالص برای مواد فری مغناطیس در سمت راست شکل نشان داده شده است که این مقدار برای مواد آنتی‌فرو صفر است.



شکل ۶-۶- جفت شدگی تبدیلی برای مواد، (الف) فرومغناطیس، (ب) آنتی‌فرومغناطیس، (ج) فری مغناطیس (Butler, 1999).

دو سری محلول جامد در دیرینه مغناطیس اهمیت خاصی دارند، سری‌های الوواسپینل - مگنتیت و ایلمنیت - هماتیت که در دیاگرام مثلثی نشان داده شده در شکل ۶-۷ دیده می‌شوند. هریک از خطوط داخل مثلث که با عبارت تیتانومگنتیت مشخص شده اند، نشان‌دهنده میزان جایگزینی تیتانیوم در شبکه بلوری مگنتیت و هماتیت هستند.

فهم کانی‌شناسی مواد فرومغناطیسی توسط نمودار مثلثی $\text{FeO-TiO}_2\text{-}1/2\text{Fe}_2\text{O}_3$ امکان‌پذیر است (شکل ۶-۷). مگنتیت و هماتیت جز گروه اکسیدهای تیتانیوم - آهن هستند که تیره و غیرشفافند. دو سری محلول جامد تیتانو - مگنتیت و تیتانوهما تیت دیده می‌شوند، زیرا زمانی که ماگما به سمت بالا می‌آید و به مرور که دمای آن کاهش می‌یابد Fe و Ti در مسیر راه به آن اضافه می‌شوند. تیتانیوم خاصیت مغناطیسی ندارد و بیشتر مگنتیت یافت می‌شود. از چپ به راست دیاگرام از میزان تیتانیوم کم می‌شود و به آهن اضافه می‌گردد، در نتیجه خاصیت مغناطیسی افزایش می‌یابد.



شکل ۶-۷-نمودار مثلثی $\text{TiO}_2\text{-FeO-Fe}_2\text{O}_3$. ترکیب‌های مهم آن کانی‌های حاوی اکسید Fe و Ti و محلولهای جامد تیتانومگنتیت و تیتانوهما تیت می‌باشد (Butler, 1999).

۶-۳- منشا پسماند مغناطیسی طبیعی

برای پی بردن به چگونگی ثبت و حفظ میدان مغناطیسی قدیمی زمین در زمان شکل گیری سنگ های حاوی مواد فرومغناطیس باید با خواص ذرات فرو آشنا شویم .

یک بحث اساسی در هر مطالعه دیرینه مغناطیس، در مورد حامل های مغناطیسی پسماند است و اینکه سنگ ها چگونه خاصیت مغناطیسی پیدا می کنند؟

در این ارتباط بیشترین مطالعات دیرینه مغناطیس در مورد خصوصیات مغناطیسی آهن، آهن نیکل، اکسیدهای آهن مانند مگنتیت، مگهمیت وهماتیت، هیدرواکسیدهای آهن مانند گوتیت، سولفیدهای آهن مثل گریگیت و پیروتیت است.

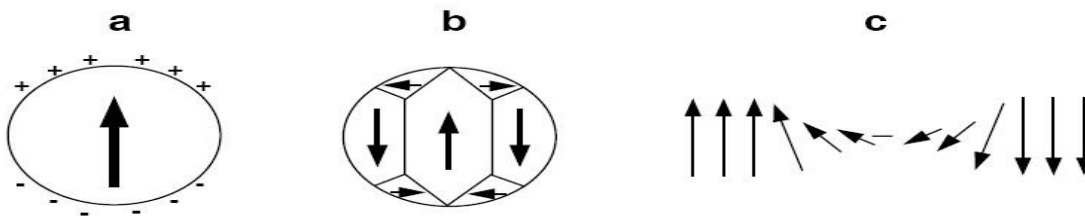
باید بدانیم درصد ذرات فرومغناطیس موجود در واحد حجم سنگ، قدرت مغناطیس شدگی آن را تعیین می کند.

بنابراین در مغناطیس شدگی دو عامل مهم است :

(۱) خواص دانه های ریز به تنهایی (j)

(۲) خواص کل دانه ها در مجموع (J)

اگر دانه های تشکیل دهنده مواد فرومغناطیس را یک کره در نظر بگیریم و توزیع قطب های مغناطیسی دانه را سطحی، انرژی مغناطیس ایستا بنا بر تعریف: مقدار انرژی است که دو قطبی ها را بر روی سطح نگه می دارد و با مجذور مغناطیسی دانه متناسب است. توجه به این نکته لازم است که در سنگ های مغناطیسی دانه های ریز فرو در بافتی از کانی های پارا و دیامغناطیسی قرار گرفته اند. در شکل ۶-۸ دیده می شود که یک دانه فرو ممکن است از یک یا چند بخش یا حوزه مغناطیسی تشکیل شده باشد.



شکل ۸-۶ (a) مغناطیس شدگی یکنواخت یک ماده فرو مغناطیس با بردار مغناطیس شدگی را نشان می دهد. (b) تقسیم فرو مغناطیس را به حوزه های مغناطیسی و دیواره جدا کننده آنها را نشان می دهد و (c) چرخش گشتاور های مغناطیسی در دیواره میان دو حوزه را نشان می دهد (Butler, 2004).

دانه اگر بخواهد چند حوزه ای شود، باید جهت ساختن دیواره ها انرژی مصرف کند. اگر قطر دانه بین یک تا ۱۰ میکرومتر باشد، تک حوزه ای و در صورتیکه قطر دانه بیش از این مقدار باشد جسم مورد نظر چند حوزه ای نامیده می شود.

از بین کانی های فرومغناطیس هماتیت و مگنتیت می توانند تک حوزه ای یا چند حوزه ای باشند. مگنتیت و هماتیت به ترتیب از لحاظ خواص مغناطیسی جزء کانیهای سخت و نرم قرار می گیرند زیرا کانی های دارای مغناطیس نرم به راحتی خاصیت مغناطیسی به دست می آورد و به راحتی آن را از دست می دهد. در صورتی که مغناطیس سخت در اثر وجود میدان مغناطیسی قوی خاصیت مغناطیسی را کسب می کند و با قطع میدان این خاصیت را در خود حفظ می کند.

منظور از زمان واهلش (Relaxation Time) یا زمان رهایی، مدت زمانی است که طول می کشد، مغناطیس سنگ به $\frac{1}{e}$ مقدار اولیه اش برسد. طولانی بودن زمان واهلش، مطلوب اهداف دیرینه مغناطیس است.

۶-۴- دمای قفل شدگی (T_B)

دمای قفل شدگی، دمایی است که در آن دما، جهت های دوقطبی مغناطیسی در سنگ قفل می شوند و دیگر حوزه های قفل شده به میدان خارجی جواب نمی دهند. این دما غالباً $15^\circ - 10^\circ$ زیر دمای

کوری است. در واقع در حضور میدان مغناطیسی، زیردمای قفل شدگی درحین سردشدن و شکل‌گیری، سنگ جهت میدان زمین را می‌گیرد و تا مدت زمان طولانی آن را درخود حفظ می‌کند. در بالای دمای قفل شدگی وقتی سنگ تا دمای کوری در حضور میدان گرم می‌شود، گشتاورهای دوقطبی مغناطیسی نامنظم می‌شوند و حافظه شروع به پاک شدن می‌کند. دمای قفل شدگی به شدت به زمان واهلش، نوع ماده، توزیع، شکل و جنس دانه‌ها مرتبط است. پسماند طبیعی مغناطیسی NRM : همانطور که قبلاً ذکر شد، در سنگ دو نوع مغناطیس شدگی وجود دارد:

۱) مغناطیس القایی که به میدان فعلی جواب می‌دهد و با تغییر میدان، تغییر می‌کند و مغناطیس نرم است که در مطالعات تعیین قطب دیرینه مزاحم محسوب می‌گردد.

۲) مغناطیس پسماند که مربوط به حوزه‌های قفل شده و جهت‌های میدان قدیمی در سنگ است و به میدان فعلی جواب نمی‌دهد.

پسماند مغناطیسی طبیعی، مربوط به جهت‌های قدیمی میدان مغناطیسی زمین است که در طی فرآیندهای شکل‌گیری سنگ، در آن ثبت و حفظ شده است. پسماند طبیعی مغناطیسی به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم می‌شود. پسماند اولیه مربوط به زمان شکل‌گیری سنگ و ثانویه مربوط به تغییرات و فرآیندهای بعد از شکل‌گیری سنگ است. در واقع NRM نوع مغناطیس است که کانی فرومغناطیس دردمای TB در حضور میدان ژئومغناطیسی قدیمی در خود ثبت می‌کند. بنابراین وابسته به فرآیندهای زمین‌شناسی حین سردشدن، تاریخچه بوجود آمدن سنگ و میدان مغناطیسی زمین و جهت‌های قدیمی است.

سه نوع اصلی NRM عبارتند از :

۱-TRM پسماند مغناطیس حرارتی : مغناطیسی که در طی عمل سرد شدن در زیر دمای کوری اخذ می‌شود، و مختص سنگ‌های آذرین حاوی مواد فرو و آنتی فرومغناطیس است.

۲-CRM پسماند مغناطیسی شیمیایی : که به وسیله رشد دانه‌های فرومغناطیس زیر دمای کوری و تحت فرایندهای شیمیایی شکل می‌گیرد.

۳-DRM پسماند مغناطیسی رسوبی: مغناطیس پذیری در طی انباشته شدن رسوباتی که شامل مواد معدنی فرومغناطیس تخریبی هستند.

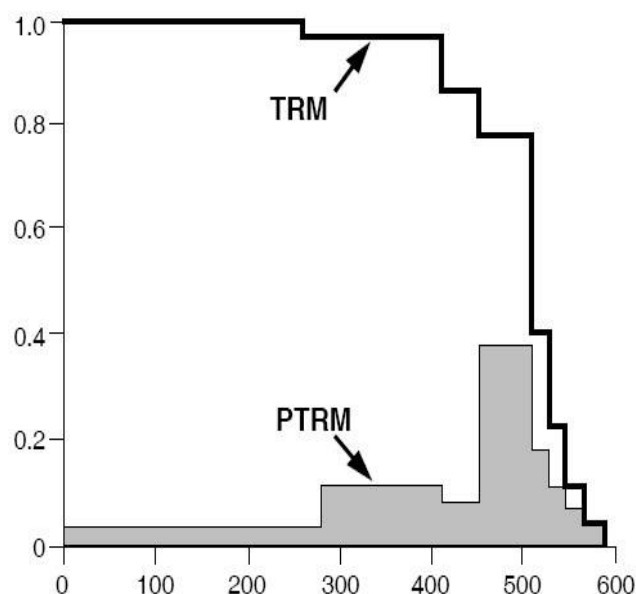
به کمک یک مدل تئوری که توسط لويس نیل ارائه شده است، می‌توان به کمک معادله زیر TRM را در دمای قفل شدگی محاسبه کرد:

$$\text{TRM}(T_B) = N(T_B) \nu j_s(T_B) \tanh\left(\frac{\nu j_s [T_B] H}{k T_B}\right)$$

رابطه (۳-۶)

در این رابطه با افزایش دما، j_s افت می‌کند زیرا دوقطبی‌های مغناطیسی تصادفی‌تر می‌شوند. اخذ پسماند مغناطیسی هم‌دما ممکن است جزیی، کامل و یا همراه راه‌های دیگر اخذ پسماند صورت گیرد.

TRM اگر به صورت جزء به جزء مانند شکل ۶-۹ صورت گیرد، آن را PTRM می‌نامند. در این صورت ثبت پسماند مغناطیسی بین دمای قفل شدگی T_B و دمای کوری T_C جزء به جزء صورت می‌گیرد. اکثر سنگ‌های آذرین پسماند مغناطیسی هم‌دما را در زمان شکل‌گیری در حضور میدان مغناطیسی قدیمی اخذ کرده‌اند.



شکل ۶-۹- توزیع دماهای قفل شدگی برای نمونه بازالتی دوره اتوسن (Butler, 2004)

در مغناطیس‌زدایی حرارتی با گرم شدن سنگ از دمای T_B به دمای T_C ، مغناطیس پسماند از حافظه دانه‌ها پاک می‌شود. بوسیله این تکنیک در آزمایشگاه بخشی از TRM ای که درون توالی‌های T_B قفل شده بوده‌اند را می‌توان مشخص کرد.

$$TRM = \sum_n PTRM(T_{Bn}) \quad \text{رابطه (۴-۶)}$$

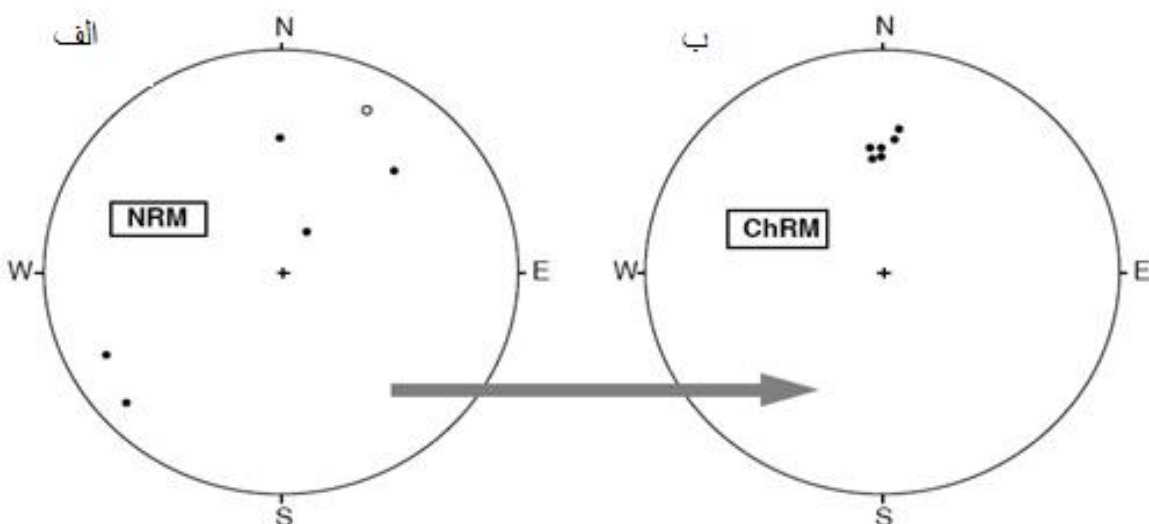
براساس مدل‌های داده شده، TRM به شدت به اندازه دانه وابسته است. به این معنا که دانه‌های بزرگتر، زمان‌رهایی کمتر و پذیرش پسماند کمتری نسبت به دانه‌های کوچکتر داشته‌اند. در CRM که حاصل یک فرآیند شیمیایی است، در حین رشد دانه و رسیدن به V_B در حضور میدان، اخذ پسماند صورت می‌گیرد و در برخی اوقات غیر از تغییر حجم ممکن است نوع ماده نیز تغییر کند. مثلاً مگنتیت به هماتیت تبدیل شود. این نوع پسماند بیشتر در محیط‌های رسوبی و هوازدۀ یافت می‌شود.

در فرآیند DRM، درحین رسوب‌گذاری، دانه‌های فرومغناطیسی که در رسوب معلقند زمانی که آب رسوب از بین می‌رود و خشک می‌شود، جهت‌های میدان را اخذ می‌کنند. غیر از این درهنگام ته نشین شدن دانه‌ها و فشرده شدن آنها نیز ممکن است اخذ پسماند صورت گیرد. فرآیند دیگر اخذ پسماند مغناطیسی، ویسکوز (VRM) است که پسماند بصورت تدریجی در معرض یک میدان مغناطیسی ضعیف اخذ می‌شود. در ثبت میدان به طریق ایزوترمال IRM، سنگ در زمان کوتاه و در دمای ثابت در معرض میدان مغناطیسی قوی قرار می‌گیرد و پسماند مغناطیسی را اخذ می‌کند.

۵-۶ - انواع NRM

NRM یک سنگ معمولاً ترکیب شده است از حداقل دو مولفه، یک NRM اولیه که در طی شکل‌گیری سنگ اخذ شده است (به صورت TRM و CRM و DRM) و NRM ثانویه (به صورت VRM و IRM) که در زمان‌های بعدی اخذ شده است. در طی مراحل مغناطیس‌زدایی جزء به جزء توزیع جهت‌های NRM و مولفه‌های آن مشخص می‌شود.

ChRM مولفه‌ای از NRM با بالاترین پایداری است که بوسیله روش مغناطیس‌زدایی جزء به جزء از بقیه مولفه‌ها جدا (ایزوله) می‌شود. هدف کارهای آزمایشگاهی دیرینه مغناطیس، تشخیص و تعیین مولفه‌های NRM اولیه و ثانویه است. در واقع با مغناطیس‌زدایی جزء به جزء مولفه‌های ثانویه که پایداری مغناطیسی کمی دارند از مولفه‌های اولیه که پایداری بالایی دارند جدا می‌شوند. در صورتی عمل مغناطیس‌زدایی موفقیت‌آمیز است که جهت‌های ChRM بدست آمده به صورت گروهی دور از جهت میدان مغناطیسی فعلی قرار گیرند، به طوریکه در شکل زیر نشان داده شده است



شکل ۶-۱۰- الف- جهت های NRM چند نمونه بازالتی از یک ایستگاه متعلق به دوره زمانی میوسن، ب) جهت های ChRM جدا شده از نمونه ها (Butler, 2004)

۶-۶- روش های مغناطیس زدایی

با توجه به نکاتی که در قسمت های قبلی مطرح شد، این نکته حائز اهمیت است که برای رسیدن به جهت های میدان قدیمی، جدا کردن مولفه NRM اولیه (یا ایزوله کردن ChRM) از NRM ثانویه ضروری است. هدف روش های مغناطیس زدایی نیز انجام همین امر است. تست های صحرایی نیز که در این قسمت به آنها اشاره خواهد شد، در جهت تعیین ثبات داده های دیرینه مغناطیسی و رسیدن به یک سن معین برای ChRM ایزوله شده توسط روش های مغناطیس زدایی انجام می شوند.

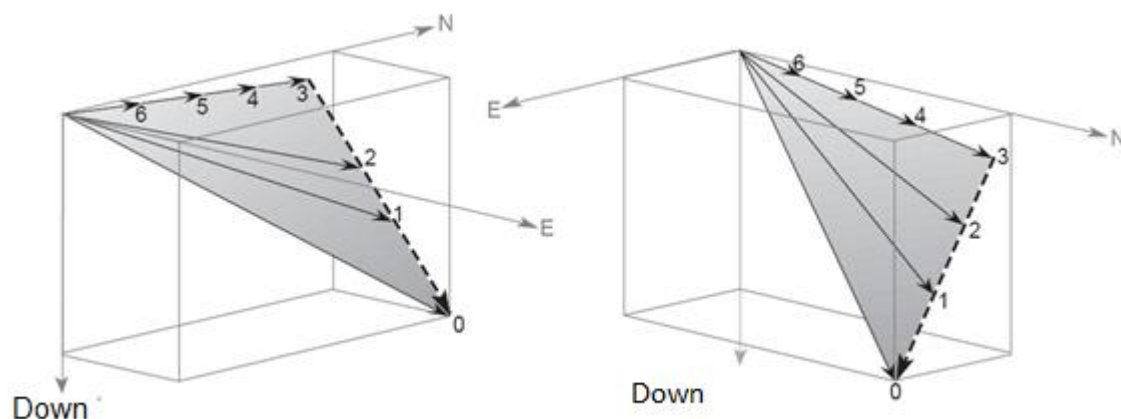
تکنیک های مغناطیس زدایی جزء به جزء

روش مغناطیس زدایی AF : روشی است که در آن نمونه در معرض یک میدان مغناطیسی متناوب قرار می گیرد. شکل میدان متناوب سینوسی است و دامنه آن با زمان میرا می شود. ماکزیمم میدان

AF در حدود ۱۰۰ میلی- تسلا و فرکانس آن ۴۰۰ هرتز است و زمان میرایی میدان در حدود یک دقیقه می‌باشد. در اغلب دستگاه‌های مغناطیس‌زدای AF از وسیله‌ای به نام تامبلر (Tumbler) استفاده شده است که نمونه در آن قرار می‌گیرد. نمونه‌ها داخل میدان یک کوئل می‌چرخند تا در معرض تمام جهت‌های میدان واقع شوند. این روش، برای جدا کردن (ایزوله) جهت‌های ChRM سنگ‌هایی که کانی فرومغناطیسی آنها تیتانومگنتیت است، روش موثری می‌باشد. به عبارت دیگر برای مغناطیس‌زدایی سنگ‌هایی با دانه‌هایی چند حوزه‌ای و با میدان h_c کوچکتر یا مساوی ۲۰ میلی‌تسلا از این روش استفاده می‌شود.

روش مغناطیس‌زدایی حرارتی

در این روش نمونه‌ها تا حدود دمای کوری گرم می‌شوند و سپس در میدان مغناطیسی صفر تسلا سرد شده تا به دمای محیط برسند. به این ترتیب حوزه‌های مغناطیسی درحین سرد شدن بین دمای کوری و دمای قفل شدگی باز می‌شوند. در نتیجه با اندازه‌گیری NRM پس از هر مرحله مغناطیس‌زدایی می‌توان به جهت‌های قدیمی مغناطیسی دست یافت. روش مغناطیس‌زدایی حرارتی برای سنگ‌هایی که کانی فرومغناطیسی غالب در آنها هماتیت است، روش مناسبی است. شکل ۶-۱۰ تکنیک نمایش گرافیکی NRM اولیه و ثانویه را به وسیله بردارهایی نشان می‌دهد. در واقع بردارها مولفه‌های NRM هستند که از انجام عمل مغناطیس‌زدایی حاصل شده‌اند. خط نقطه چین معرف مغناطیس‌زدایی مولفه‌های NRM با پایداری کم از سطح ۱ به ۳ است. در واقع با این تکنیک مراحل گرم کردن و یا حذف مولفه ثانویه از NRM و رسیدن به NRM اولیه را نشان می‌دهد. نقطه ۳ می‌تواند معرف دمای TB و نقطه ابتدای بردار ۶ معرف دمای TC باشد.



شکل ۶-۱۱- نمودار تصویربرداری از مراحل مغناطیس زدایی، محورهای جغرافیایی نشان داده شده‌اند، پیکان‌های سیاه بردار مغناطیس زدایی از سطح ۳ تا ۶ را نشان می‌دهند و پیکان‌های خط چین مولفه NRM ثانویه با پایداری کم که در طی مغناطیس زدایی از مولفه اولیه NRM که در سطح ۰ تا ۳۶ است جدا شده‌اند را نشان می‌دهند (Butler, 2004).

مولفه‌هایی با پایداری بالای NRM با کاهش شدت از ۴ به ۶ در طی عمل مغناطیس زدایی بدون تغییر جهت دیده می‌شوند. این بردارها در دو سطح E و سطح عمودی S-N و Up-Down تصویر شده‌اند (تکنیکی که توسط Zijderveld طراحی شده و توسعه پیدا کرده است). در شکل ۶-۱۱ نقاط ۳ تا ۶ که هم جهت‌اند، همه در یک نقطه درون دایره جمع شده‌اند. از این نقاط می‌توان برای رسیدن به ChRM استفاده کرد.

۶-۷- روش‌های آماری برای تجزیه و تحلیل داده‌های دیرینه مغناطیسی

در دیرینه مغناطیس روشی برای تعیین یک جهت میانگین برای یک مجموعه از داده‌های اندازه‌گیری شده وجود دارد. انجام آزمایش‌های صحرایی به منظور اعتبار بخشیدن به داده‌های دیرینه مغناطیسی و روش‌های آماری برای آنالیز جهت‌های محاسبه شده، برای تحقیقات دیرینه مغناطیسی ضروری به نظر می‌رسد. روش آماری که به آمار فیشری معروف است، توسط یک متخصص آمار انگلیسی به نام فیشر (Fisher, 1953) ارائه شده است. در این روش آماری می‌توان

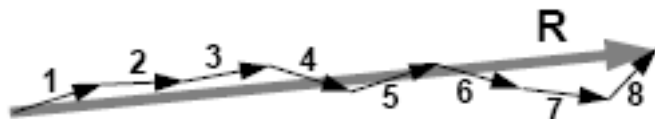
تخمینی از پراکندگی جهت‌های نمونه برداری شده، همچنین تعیین میزان اختلاف جهت میانگین محاسبه شده از جهت متوسط واقعی بدست آورد.

مراحل محاسبه یک جهت میانگین از مجموعه داده‌های دیرینه مغناطیسی به شرح زیر است :

اگر جهت‌های داده‌های دیرینه مغناطیسی توسط بردارهایی با شکل (۶-۱۲) در نظر گرفته شوند، برای محاسبه جهت متوسط از یک مجموعه با N بردار، کسینوس‌های زاویه‌ای با روابط زیر باید مورد استفاده قرار گیرند:

$$l_i = \cos I_i \cos D_i \quad m_i = \cos I_i \sin D_i \quad n_i = \sin I_i$$

رابطه (۶-۵)



شکل ۶-۱۲ - جمع برداری ۸ بردار و تعیین بردار برآیند R (Butler, 2004)

در این روابط D_i و I_i زاویه انحراف و میل i بردار، l_i ، m_i و n_i کسینوسهای جهتی i بردار در جهت شمال، شرق و پایین هستند و بردار R برآیند i بردار می‌باشد. جهت میانگین توسط روابط زیر محاسبه می‌شود :

$$l = \frac{\sum_{i=1}^N l_i}{R} \quad m = \frac{\sum_{i=1}^N m_i}{R} \quad n = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{R}$$

رابطه (۶-۶)

رابطه زیر نیز طول بردار برآیند R را تعیین

می‌کند.

$$R^2 = \left(\sum_{i=1}^N l_i \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^N m_i \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^N n_i \right)^2$$

رابطه (۶-۷)

با توجه به روابط بالا زاویه میل و انحراف جهت میانگین از روابط زیر محاسبه می‌گردد.

$$D_m = \tan^{-1}\left(\frac{m}{l}\right) \text{ and } l_m = \sin^{-1}(n)$$

رابطه (۸-۶)

برای تخمین میزان پراکندگی جهت‌ها نسبت به جهت میانگین محاسبه شده، باید ضریب دقت k به کمک رابطه زیر محاسبه گردد. در این رابطه هرچه R به N نزدیکتر باشد و مجموعه جهت‌ها خوشه‌ای‌تر باشند، K بزرگتر می‌شود.

رابطه (۹-۶)

$$k = \frac{N-1}{N-R}$$

انحراف معیار زاویه‌ای که اغلب پراکندگی زاویه‌ای نیز نامیده می‌شود، از روابط زیر محاسبه می‌شود و با نتایج آنالیز داده‌ها گزارش داده می‌شود.

$$s \approx \frac{81^\circ}{\sqrt{k}}$$

رابطه (۱۰-۶)

$$\delta = \cos^{-1}\left(\frac{R}{N}\right)$$

(رابطه ۱۱-۶)

در عمل تقریباً دو رابطه فوق یکی هستند.

$$s \approx \delta \approx \frac{81^\circ}{\sqrt{k}}$$

برای تعیین عدم قطعیت (حد اعتبار) جهت میانگین محاسبه شده از جهت واقعی، از روابط زیر استفاده می‌شود. در واقع عدم قطعیت، شعاع دایره‌ای است که مرکز آن جهت واقعی محاسبه شده قرار دارد.

$$\cos \alpha_{(1-p)} = 1 - \frac{N-R}{R} \left\{ \left(\frac{1}{p} \right)^{\frac{1}{N-1}} - 1 \right\}$$

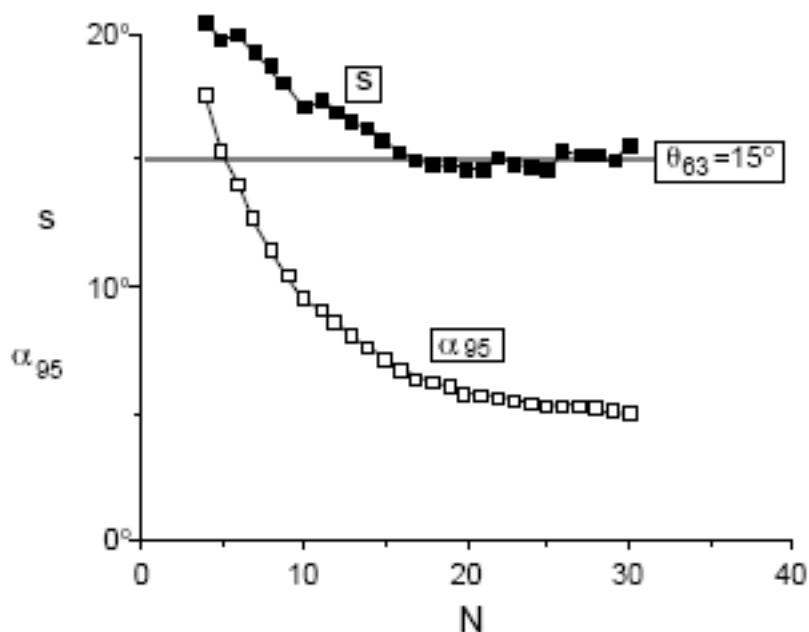
رابطه (۶-۱۲)

$$\alpha_{95} \approx \frac{140^\circ}{\sqrt{kN}}$$

رابطه (۶-۱۳)

در واقع α_{95} میزان دقتی است که برای تعیین جهت میانگین واقعی محاسبه می‌شود. این مقدار نشان می‌دهد که ۹۵٪ احتمال دارد، جهت میانگین محاسبه شده همان جهت میانگین واقعی باشد. در واقع α_{95} اختلاف این دو مقدار را نشان می‌دهد.

در روابط بالا دیده می‌شود که α_{95} با $\frac{1}{\sqrt{N}}$ متناسب است، به عبارتی هرچه N بزرگتر باشد، α_{95} کوچکتر خواهد شد و دقت بیشتر می‌شود. در شکل ۶-۱۲ نشان داده شده است که هر چه نمونه برداری از یک سایت بیشتر باشد عدم قطعیت در تعیین جهت میانگین کمتر می‌گردد.



شکل ۶-۱۳- ارتباط میان تعداد داده‌های دیرینه مغناطیسی N از یک توزیع فیشری با عدم قطعیت جهت‌ها α_{95} و انحراف معیار استاندارد زاویه‌ای تخمینی s (Butler, 2004).

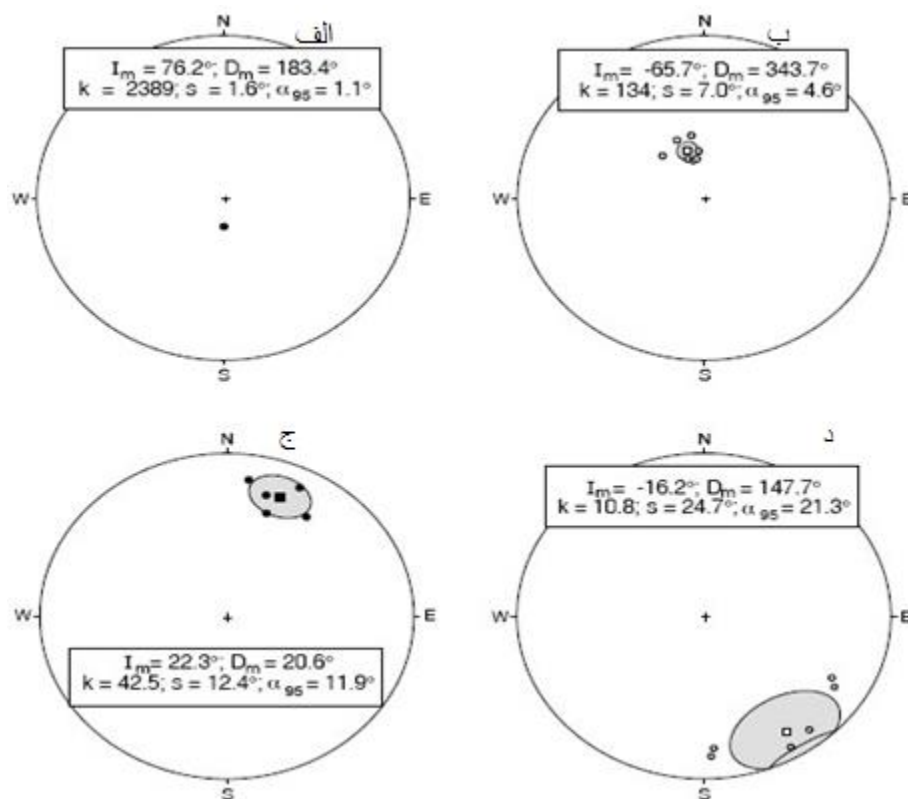
غالبا در یک تحقیق دیرینه مغناطیس پس از نمونه برداری از چندین محل از یک واحد سنگی، جهت میانگین هر محل تعیین می‌گردد و سپس از این جهت‌ها میانگین گرفته می‌شود. به این ترتیب جهت ChRM متوسط یا موقعیت یک قطب دیرینه مغناطیس برای این واحد سنگی بدست می‌آید. در واقع جهت متوسط ChRM یک سایت از جهت‌های ChRM نمونه‌های آن سایت تعیین می‌شود.

توسط معادلات ذکر شده میانگین جهت نمونه‌های هر محل و همچنین جهت میانگین محل‌ها را می‌توان محاسبه نمود. سپس با استفاده از آمار فیشری K , R و α_{95} را نیز با نتایج آنالیز داده‌های دیرینه مغناطیس گزارش می‌کنند. در شکل ۶-۱۴-الف، برای ۹ نمونه از یک محل (از یک روانه گدازه منفرد) با روش مغناطیس‌زدایی AF جهت ChRM برای هر نمونه و یک محل تعیین شده است. نمونه گیری از سنگ‌های آتشفشانی جدید نتایج بهتری را در برخواهد داشت.

شکل ب) مربوط به یک روانه منفرد بازالتی است، که در طی یک مغناطیس‌زدایی AF₀ مولفه ثانویه NRM در جهت بدست آوردن جهت ChRM جدا شده است. نتایج خوب بدست آمده مربوط به یک سنگ نمونه آذرین درونی است.

شکل ج) جهت‌های خوشه‌ای ChRM نسبتاً مناسب است. این نتایج مربوط به ماسه سنگ قرمز دوران مزوزوئیک است، که توسط مغناطیس‌زدایی حرارتی، ChRM را از دمای ۶۰۰ تا ۶۶۰ درجه سانتیگراد از بقیه جهت‌ها جدا کرده است. با توجه به نتایج بدست آمده، جهت متوسط ChRM محل نمونه برداری برای محاسبه قطب دیرینه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

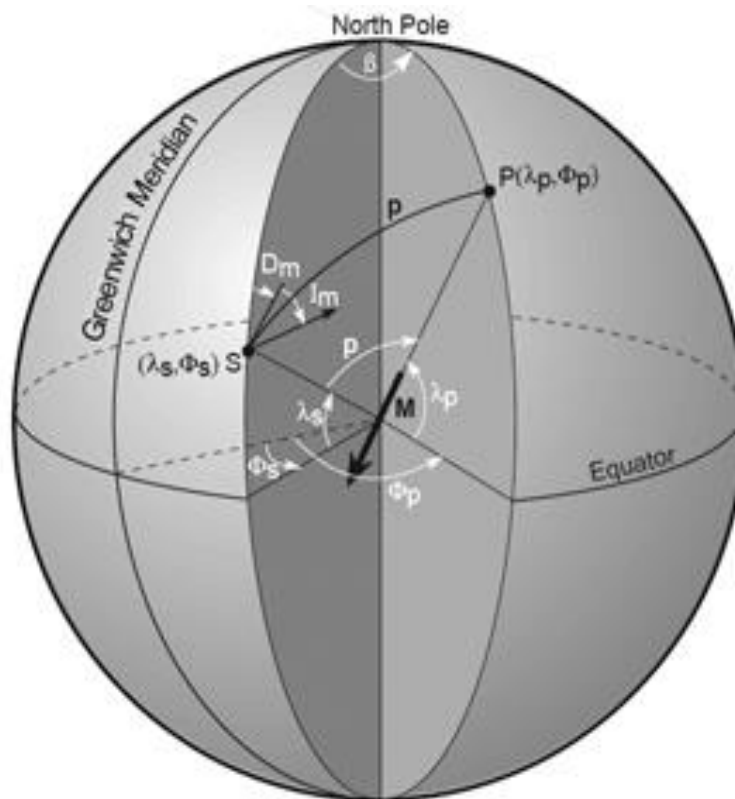
شکل د) نتایج ضعیفی را در ارتباط با رسوبات قرمز مزوزوئیک نشان می‌دهد. انجام روش مغناطیس‌زدایی حرارتی و آنالیز نتایج مغناطیس‌زدایی توسط روش PCA برای تعیین جهت‌های ChRM از نمونه‌های این سایت پراکندگی جهت‌ها را نشان می‌دهد. اکثر متخصصین دیرینه مغناطیس این نتایج را برای تعیین قطب دیرینه قبول ندارند. اگر چه می‌توان از این نتایج برای تعیین پلاریته ChRM استفاده کرد. باید خاطر نشان کرد که تعیین جهت‌های متوسط محل‌ها با توجه به جهت‌های پراکنده نمونه‌ها بسیار پیچیده است، اما تست‌های صحرایی که قبلاً مطالبی در ارتباط با آنها مطرح شد، برای تعیین اعتبار نتایج بدست آمده بسیار سودمند هستند. برای مثال ممکن است در کره زمین در یک بازه زمانی از دو واحد سنگی با سن و جنس یکسان دو جهت مختلف با دو قطب مختلف بدست آید، این پیچیدگی باید توسط انجام تست‌های صحرایی و تصحیحات بر روی داده‌ها از بین برود.



شکل ۶-۱۴- نمونه هایی از تصویر سازی هم مساحت جهت های متوسط ChRM نمونه ها و سایت ها، جهت های ChRM نمونه ها با دایره ها و جهت های متوسط هر سایت با مربع که عدم قطعیت تعیین جهت با بیضی یا دایره در اطراف آن دیده میشود. جهت های نیمکره پایین به صورت توپر و نیمکره بالایی تو خالی نمایش داده شده است (Butler, 2004).

۶-۸- تعیین قطب مغناطیسی دیرین

زوایای میل و انحراف مغناطیسی یک میدان مغناطیسی دوقطبی با توجه به موقعیت آن بر روی کره زمین تغییر می کند (شکل ۶-۱۵). در این بخش ابتدا به اختصار انواع قطب مغناطیسی تعریف می شود، سپس مراحل محاسبه یک قطب دیرینه مغناطیسی مطرح می گردد.



شکل ۶-۱۵- تعیین موقعیت قطب یک جهت مشخص از میدان مغناطیسی (S)، موقعیت سایت در (λ_s, ϕ_s) ، جهت متوسط میدان مغناطیسی (I و D)، دو قطبی مغناطیسی مرکزی زمین، موقعیت قطب مغناطیسی مربوط به موقعیت نمونه برداری (λ_p, ϕ_p) ، متمم عرض مغناطیسی، قطب شمال جغرافیایی و مغناطیسی یکی است، β اختلاف میان طول جغرافیایی سایت و قطب مغناطیسی است (Butler, 2004).

میدان مغناطیسی زمین ترکیبی از یک میدان دو قطبی و یک میدان چند قطبی است. با توجه به اینکه میدان مغناطیسی زمین با زمان تغییر می‌کند (اثر Secular Variation)، انواع قطب مغناطیسی به صورت زیر تعریف می‌شوند:

- ۱) قطب مغناطیسی: قطب مغناطیسی واقعی است که با کمپاس تعیین می‌گردد.
- ۲) قطب مغناطیسی زمین: توسط داده‌های برداری از نقاط مختلف زمین در یک بازه زمانی معین محاسبه می‌گردد.
- ۳) قطب VGP (Virtual Geomagnetic Pole): در یک منطقه زمین (موقعیت محلی)، ایستگاه‌هایی را تعیین می‌کنند و با نمونه برداری از هر ایستگاه و تعیین میانگین جهت ChRM هر

ایستگاه که در واقع ثبتي از جهت میدان مغناطیسی قدیمی زمین را در بردارد، برای هر ایستگاه یک VGP تعیین می‌گردد. بنابراین در تعیین قطب VGP گسترش زمانی و مکانی برای نمونه برداری وجود ندارد، در نتیجه اثر (S.V) باید حذف شود.

۴) قطب دیرینه مغناطیسی

به دو طریق می‌توان قطب دیرینه را تعیین کرد :

الف- جهت ChRM هر ایستگاه را تعیین کرده، به کمک آن VGP هر ایستگاه تعیین می‌شود.

سپس با محاسبه میانگین VGP های کل ایستگاه ها ، قطب دیرینه مشخص می‌گردد.

ب- پس از تعیین ChRM هریک از ایستگاه‌ها، از کل جهت‌های ChRM سایت‌ها میانگین می‌گیرند و جهت و مکان قطب دیرینه را تعیین می‌کنند.

در تعیین جهت و مکان قطب دیرینه مغناطیس توجه به نکات زیر حائز اهمیت است :

۱- مناسب بودن تعداد سایت‌ها و نمونه‌هایی که از هر سایت برداشت می‌شود، همچنین زیاد بودن گستره سنی نمونه‌ها.

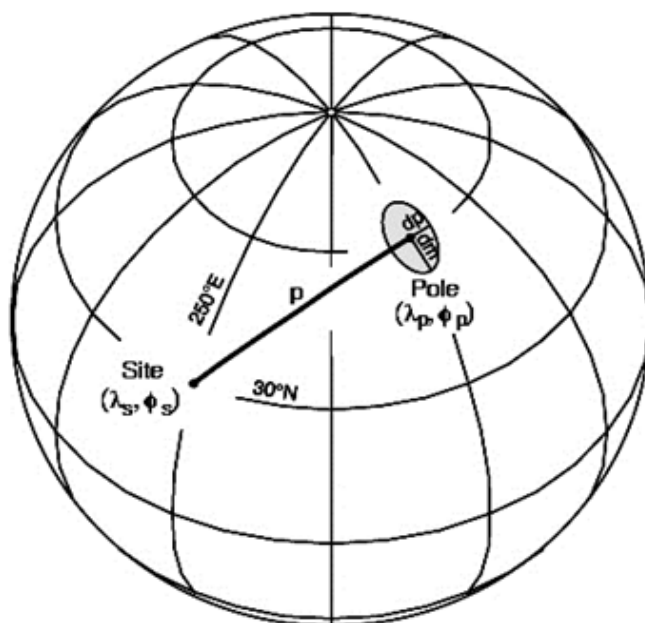
۱- انجام روش‌های مناسب مغناطیس‌زدایی به منظور تعیین جهت پسماند اولیه مغناطیسی.

۲- انجام آزمایشات صحرایی به منظور تصحیح داده‌ها و اعتبار بخشیدن به نتایج دیرینه مغناطیسی.

۳- حذف اثرات پارازیت (نوفه) S.V. به کمک میانگین‌گیری از تعداد بیشتری از داده‌ها که از گسترش سنی زیادتری برخوردارند و موجب خوشه‌ای شدن جهت‌های ChRM و بالا رفتن ضریب دقت K و پایین آمدن مقدار α_{95} می‌شود.

در عمل برای مجموعه‌ای از ایستگاه‌ها در بازه زمانی 10^4 تا 10^5 سال از VGP های تعیین شده ایستگاه‌ها میانگین گرفته می‌شود تا جهت و موقعیت قطب دیرینه مغناطیس تعیین گردد.

در شکل ۶-۱۶ مکان یک ایستگاه با مشخصات (ϕ_s, λ_s) ، مکان قطب مغناطیسی (ϕ_p, λ_p) ، I_m و D_m جهت میدان متوسط سایت، P متمم عرض جغرافیایی قطب (فاصله زاویه‌ای از S تا P)، M دو قطبی مغناطیسی مرکز محور و β اختلاف طول جغرافیایی میان قطب مغناطیسی و ایستگاه مشاهده می‌باشد.



شکل ۶-۱۶ - بیضوی عدم قطعیت تعیین موقعیت قطب مغناطیسی، ρ متمم عرض مغناطیسی قطب، d_m و d_p نصف قطر بزرگ و کوچک بیضی هستند (Butler, 2004)

مراحل محاسبه تعیین موقعیت قطب مغناطیسی به شرح زیر است :

از دو معادله (۶-۱۳) و (۶-۱۴) به ترتیب متمم عرض مغناطیسی و عرض جغرافیایی قطب محاسبه می‌شود:

$$p = \cot^{-1} \left(\frac{\tan I_m}{2} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{2}{\tan I_m} \right)$$

رابطه (۶-۱۳)

$$\lambda_p = \sin^{-1} (\sin \lambda_s \cos p + \cos \lambda_s \sin p \cos D_m)$$

رابطه (۶-۱۳)

اختلاف میان طول جغرافیایی سایت و قطب مغناطیسی از رابطه زیر تعیین می گردد.

$$\beta = \sin^{-1} \left(\frac{\sin p \sin D_m}{\cos \lambda_p} \right)$$

رابطه (۶-۱۳)

طبق رابطه ۶-۱۴ دو حالت برای محاسبه طول جغرافیایی قطب وجود دارد

حالت اول

$$\cos p \geq \sin \lambda_s \sin \lambda_p$$

$$\phi_p = \phi_s + \beta$$

رابطه (۶-۱۴)

حالت دوم

$$\cos p < \sin \lambda_s \sin \lambda_p$$

$$\phi_p = \phi_s + 180^\circ - \beta$$

رابطه (۱۵-۶)

عدم قطعیت در تعیین جهت قطب بصورت نماد α_{95} معرفی می‌گردد و عدم قطعیت در تعیین مکان قطب توسط یک بیضوی که dp و dm نصف قطر کوچک و بزرگ آن با روابط زیر تعیین می‌شود.

رابطه (۱۶-۶)

$$dp = \alpha_{95} \left(\frac{1 + 3 \cos^2 p}{2} \right) \quad dm = \alpha_{95} \left(\frac{\sin p}{\cos I_m} \right)$$

رابطه (۱۷-۶)

این بیضوی در شکل (۶-۱۳) دیده می‌شود. توسط روابط فوق می‌توان موقعیت یک قطب مجازی مغناطیسی (VGP) را برای جهت میانگین یک سایت تعیین کرد. اما سوال مهم این است که آیا این قطب منطبق بر قطب مغناطیسی زمین زمان اخذ ChRM نمونه‌های آن سایت می‌باشد؟

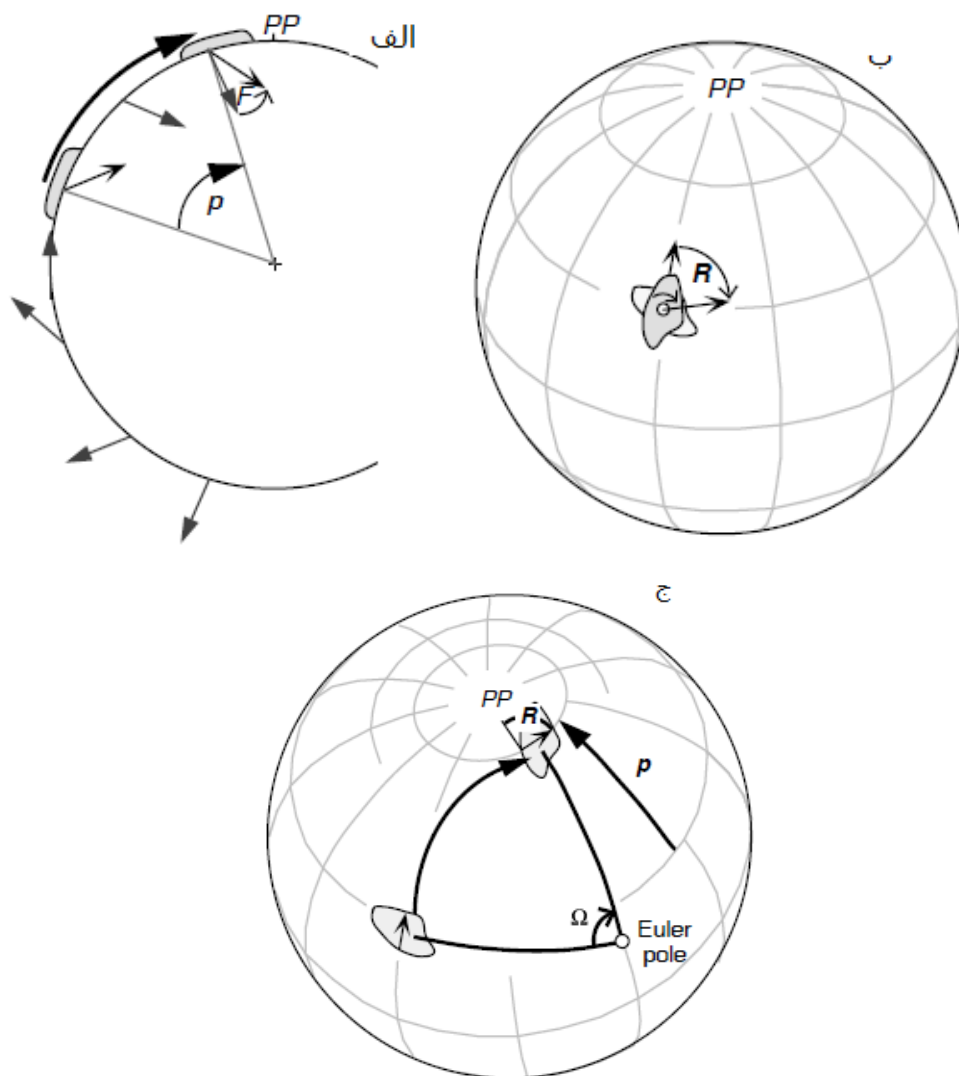
قطب مغناطیسی زمین دیرین توسط تحقیقات دیرینه مغناطیسی بر روی سنگ‌هایی با سن مساوی بر روی کره زمین تعیین می‌شود. نتایج آنالیز تحقیقات دیرینه مغناطیس نشان می‌دهند که به علت تغییرات گذرای (S.V) میدان غیر دوقطبی مغناطیسی زمین، موقعیت قطب مغناطیسی زمین در اطراف محور چرخش زمین با دوره زمانی 10^3 تا 10^4 سال متغیر است. دوره تغییرات میدان غیر دو قطبی زمین کمتر از ۳۰۰۰ سال است. نظریه Geocentric Axial Dipole (GAD) نشان می‌دهد

که اگر اثرات تغییرات خورشید (S.V.) از روی نمونه‌های مورد مطالعه حذف شود، قطب مغناطیسی زمین بر محور چرخش زمین منطبق می‌گردد.

فرضیه GAD یا فرضیه محور دو قطبی با مرکزیت زمین به وجود یک قطب مغناطیسی دیرین دلالت دارد که از داده‌های آن وضعیت چرخش محور حول قاره‌ای بدست می‌آید. بنابراین در مورد یک مجموعه از سایت‌های دیرینه مغناطیسی که در بازه زمانی 10^4 تا 10^5 سال مغناطیسی شده‌اند، متوسط قطب‌های VGP این سایت‌ها بر محور چرخش زمین منطبق می‌شوند. قطب‌هایی که با این شرایط محاسبه شده‌اند، قطب دیرینه مغناطیس نامیده می‌شوند.

۹-۶- کاربردهای دیرینه مغناطیس

زمین‌ساخت ورقه‌ای به ما آموخته است که زمین را به صورت یک سیستم دینامیکی شامل برجستگی‌های اقیانوسی در حال گسترش، گسل‌های ترانسفورم و مناطق فرورانش نگاه کنیم. حرکت قاره‌ای نتیجه منطقی زمین - ساخت ورقه‌ای و پیچیدگی‌های کمربندهای کوهزایی عاملی برای جابجایی پوسته قاره‌ای شناخته شده است. حاشیه قاره‌ها غالباً از نظر زمین‌ساخت به ویژه در بالای مناطق فرورانش فعال می‌باشد. نواحی کمّانی شکل قاره‌ای، در بازه زمانی فرورانش ممکن است جابجا شود. صفحات لیتوسفری که حمل کننده قاره‌ها محسوب می‌شوند در فواصلی با سرعت زیاد حرکت کرده و موجب می‌شوند که پهنه‌های بستر اقیانوسی، کوه‌های دریایی جزایر کمّانی به حاشیه قاره‌ها بچسبند. دیرینه مغناطیس نقش مهمی در توسعه دیدگاه جغرافیای قاره‌ای، بررسی حرکت بلوک‌های سنگی (سنگ‌هایی با منشأ قاره‌ای و اقیانوسی) داشته است. شکل (۶-۱۷) نشان می‌دهد، که به کمک یک قطب دیرینه مغناطیس می‌توان حرکت بلوک سنگی را بررسی کرد.



شکل ۶-۱۷- جهت های پالئومغناطیسی ناهمسااز ناشی از حرکت های تکتونیکی ، PP قطب دیرینه مغناطیسی، الف) سطح مقطع زمین در راستای نصف النهار، حرکت بلوک سنگی با جهت مغناطش مشخص از عرض پایین به سمت قطب مغناطیسی در عرض بالا، ب) چرخش بلوک حول محوری عمود بر آن ج) چرخش پوسته حول قطب اولری واقع در خارج پوسته (Butler, 2004)

در دیرینه مغناطیس با توجه به نظریه GAD حرکت هایی در امتداد عرض جغرافیایی قابل توجیه و آشکارسازی توسط قطب دیرینه مغناطیس است. در شکل ۶-۱۶ تغییر جهت های دیرینه مغناطیسی که از حرکت های تکتونیکی منشا گرفته اند مشاهده می شود. شکل الف سطح مقطع نصف النهاری زمین و جهت های میدان مغناطیسی دو قطبی را با قطب مغناطیسی واقع در PP نشان می دهد. در هر نقطه از محیط دایره اگر مماسی در نظر گرفته شود، زاویه این مماس با خطوط میدان زاویه میل مغناطیسی را

تعیین می‌کند. در شکل ۶-۱۸ نشان داده شده است که اگر یک بلوک سنگی در عرض متوسط مغناطیسی‌شدگی گرفته باشد، سپس به سمت عرض‌های بالا حرکت کند، زاویه میلی که در این موقعیت جدید اندازه گیری می‌شود از آنچه که انتظار می‌رود کمتر خواهد شد.

در شکل ۶-۱۷ الف، به سبب جابجایی بلوک، زاویه میل نیز تغییر کرده است. میزان جابجایی متناسب با اختلاف زاویه میل مغناطیسی است و به کمک معادله زیر محاسبه می‌شود:

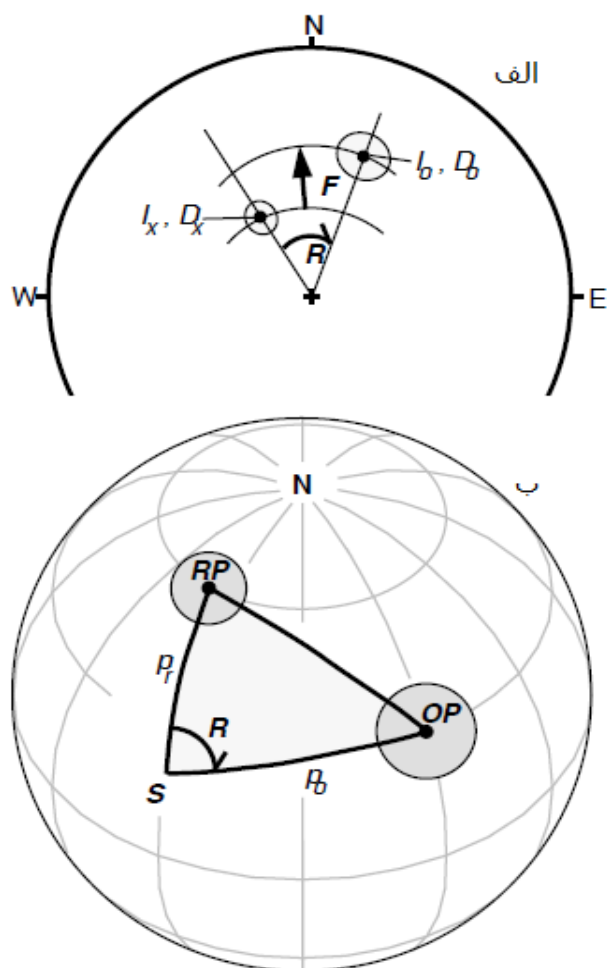
$$F = I_X - I_0 \quad \text{رابطه (۶-۱۸)}$$

شکل ۶-۱۸ ب، صفحه حول محوری عمود بر سطح چرخیده است. اگر زاویه انحراف مغناطیسی در وضعیت اولیه صفحه D_0 باشد، به سبب چرخش حول محور عمودی با زاویه R ، زاویه انحراف در وضعیت جدید D_X قرار خواهد گرفت. میزان چرخش یا اختلاف زاویه انحراف دیرینه مغناطیسی R به کمک رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$R = D_0 - D_X \quad \text{رابطه (۶-۱۹)}$$

حرکت‌های صفحات لیتوسفری یا به عبارتی حرکت تکتونیکی صفحه به کمک یک قطب اولری توصیف می‌شود (Cox & Hart, 1986). قطب اولری (Olary) خارج از مرزهای بلوک (پوسته) قرار گرفته است. در شکل ج) چرخش بلوک سنگی حول قطب اولر با زاویه چرخش Ω مشاهده می‌شود. این چرخش موجب انتقال بلوک در امتداد عرض جغرافیایی می‌شود. این انتقال تحت زاویه p صورت می‌گیرد. همچنین چرخش حول محور عمودی با زاویه R را نیز موجب می‌شود.

بنابراین یک جابجایی متناسب با تغییر زاویه میل و یک چرخش متناسب با اختلاف زاویه انحراف، نتیجه این حرکت است. در نتیجه دو نوع حرکت برای بلوک سنگی به صورت حرکت‌های عرضی و حرکت‌های چرخشی عمود محور وجود دارد.



شکل ۶-۱۸ - تحلیل جهت - فضا در مقابل قطب - فضای ناهمسازی پالئومغناطیسی. الف - تصویر یک مسیر پالئومغناطیسی نا همساز با شیب و جهت شیب I_0 و D_0 با مسیر مورد انتظار با مشخصات I_X و D_X مقایسه شده است
ب - قطب های پالئومغناطیس مرجع و قطب های مشاهده با هم مقایسه شده است.

دو روش فضا - جهت و فضا - قطب برای آنالیز چرخش های عمود محوری و حرکت های عرضی بلوک های سنگی وجود دارد. این روش ها توسط (Beck, et. al.; 1986) ارائه شده است.

اکثراً حرکت یک صفحه لیتوسفری (بلوک سنگی) را با قطب های مرجع درون قاره که توسط آنالیز دیرینه مغناطیسی سنگ هایی با سن مشخص که درون قاره وجود دارند می سنجدند. به کمک قطب های دیرینه مغناطیسی می توان مسیر سرگردانی ظاهری قطب (APW)، حرکات بلوک پوسته و جابجایی قاره ها مورد بررسی قرار داد. در اصل قطب مرجع برای محاسبه جهت دیرینه مغناطیس

مورد نظر سنگ‌هایی با همان سن، موجود در هر نقطه از قاره بکار می‌رود. روش آنالیز فضا - جهت در شکل ۶-۱۸ نشان داده شده است. در این شکل (I_x, D_x) جهت قطب دیرینه مغناطیسی مرجع قاره‌ای، با جهت (I_0, D_0) که از اندازه‌گیری جهت‌های دیرینه مغناطیسی بدست آمده‌اند، به آسانی قابل مقایسه است.

همانطور که قبلاً ذکر شد جابجایی یا اختلاف زاویه میل F و چرخش یا اختلاف زاویه انحراف R به کمک روابط زیر محاسبه می‌شوند. در صورتی R مثبت است که D_0 در وضعیت ساعتگرد نسبت به D_x قرار گیرد.

$$F = I_x - I.$$

$$R = D. -D_x$$

جهت‌های مورد انتظار و اندازه‌گیری شده هر دو عدم قطعیت دارند، بطوریکه ۹۵٪ عدم قطعیت F و R با ΔF و ΔR تعیین می‌گردد.

عدم قطعیت‌ها به کمک معادلات قابل محاسبه هستند و نتایج آنالیز فضا - جهت همراه با $F \pm \Delta F$ و $R \pm \Delta R$ گزارش می‌شود.

در شکل ۶-۱۸ مقایسه میان قطب مرجع قاره RP و OP قطب دیرینه مغناطیسی اندازه‌گیری شده مربوط به یک بلوک سنگی که در موقعیت جغرافیایی S قرار دارد، صورت گرفته است. در این شکل، روش آنالیز فضا-قطب، سه گوش کروی با گوشه‌های S ، op و Rp را نشان می‌دهد. فاصله زاویه‌ای S تا OP برابر، P_0 است. درحالی‌که فاصله زاویه‌ای S تا RP ، P_r است. مقایسه این فاصله‌ها نشان می‌دهد، که بلوک به قطب مرجع نزدیک شده و یا از آن دورگردیده است. انتقال به سمت قطب P با رابطه زیر مشخص می‌شود.

$$P = P_0 - P_r$$

رابطه (۶-۲۰)

در صورتی p مثبت است، که بلوک به سمت قطب مرجع حرکت کرده باشد. نتایج آنالیز قطب - فضا توسط $p \pm \Delta p$ و $R \pm \Delta R$ محاسبه و گزارش می شود.

عدم قطعیت میزان چرخش را به کمک روابط زیر می توان محاسبه کرد:

$$\Delta R = \sqrt{\Delta D_o^2 + \Delta D_x^2}$$

رابطه (۶-۲۱)

$$\Delta D_x = \sin^{-1} \left(\frac{\sin A_{95}}{\sin p} \right)$$

رابطه (۶-۲۲)

رابطه (۶-۲۳)

$$\sin \Delta D = \frac{\sin \alpha_{95} \sin \frac{\pi}{2}}{\sin \left(\frac{\pi}{2} - I \right)} = \frac{\sin \alpha_{95}}{\cos I}$$

$$p = \cot^{-1} \left(\frac{\tan I_m}{2} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{2}{\tan I_m} \right)$$

$$\lambda_p = \sin^{-1} (\sin \lambda_s \cos p + \cos \lambda_s \sin p \cos D_m)$$

رابطه (۶-۲۴)

۶-۱۰- روش های آزمایشگاهی

کلیه آزمایش های مربوط به تعیین شدت، جهت مغناطیس شدگی و کانی شناسی مغناطیسی و مغناطیس زدایی در آزمایشگاه دیرینه مغناطیس سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور انجام

پذیرفت. شدت و جهت مغناطیس نمونه‌ها توسط دستگاه مگنتومتر اسپینر (JR-6, AGICO) (شکل ۶-۱۹) اندازه‌گیری شد. مغناطیس زدایی به روش القای میدان مغناطیسی متناوب (AF) (شکل ۶-۲۰) ساخت شرکت آجیکو از کشور چک طی ۱۰ مرحله از ۱۰ mT تا ۱۰۰ mT بر روی ۳۰ نمونه انجام گرفت. مغناطیس زدایی حرارتی توسط دستگاه MMTD (Magnetic Measurement Thermal Demagnetizer) (شکل ۶-۲۱)، از ۱۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتیگراد و طی ۱۷ مرحله انجام شد. برای تعیین جهت مغناطیس پسماند اولیه ChRM، مراحل جزء به جزء مغناطیس زدایی، زیر دمای کوری مگنتیت از ۵۵۰ درجه سانتیگراد، ۱۰ درجه به ۱۰ درجه تا ۵۸۰ درجه سانتیگراد انجام پذیرفت. برای تعیین پذیرفتاری مغناطیسی و کانی‌شناسی به ترتیب از دستگاه کاپابریج مدل MFK-A و دستگاه CS-3 ساخت شرکت آجیکو از جمهوری چک استفاده شد (شکل ۶-۲۲).

برای جداسازی جهت‌های ChRM هر نمونه از بقیه جهت‌های پسماند مغناطیسی، تعیین میانگین جهت هر سایت نمونه‌گیری، ضریب دقت و عدم قطعیت (α_{95}) تعیین جهت‌های دیرینه مغناطیسی و تعیین قطب مجازی دیرینه مغناطیس از نرم‌افزارهای کامپیوتری مثل Remasoft-3 استفاده شده است. انحراف زاویه‌ای ماکزیمم (Maximum Angular Deviation) تعیین شده برای هریک از نمونه‌ها از حداقل ۰/۴ تا ۱۵ متغیر بوده است. از دایره WULF با استفاده از روش تصویرسازی هم‌مساحت (projection The Lambert or Schmidt) در جهت نمایش جهت‌های مغناطیس نمونه‌های هرسایت، میانگین جهت‌های مغناطیسی ChRM و دایره یا بیضوی عدم قطعیت جهت (آلفا ۹۵) و موقعیت استفاده شده است. همچنین از نمودارهای زیچرولد (Zijerveld) که روشی است برای نمایش جهت بردارهای مغناطیسی که در طی عمل مغناطیسی زدایی حاصل شده‌اند بکار گرفته شده است.

۶-۱۰-۱ - اندازه گیری NRM

در اولین مرحله انجام آزمایشات دیرینه مغناطیس، از دستگاه مگنتومتر اسپینر مدل JR-6 به منظور اندازه گیری مغناطیس پسماند طبیعی و تعیین جهت های مغناطیسی استفاده می شود.

در دستگاه مگنتومتر اسپینر، نمونه در سه جهت متعامد میان دو سیم پیچ می چرخد. مغناطیس نمونه در راستای x ، y و z (M_z ، M_y ، M_x) در دستگاه مختصات نمونه، توسط دستگاه اندازه گرفته می شود و توسط برنامه کامپیوتری دستگاه، مغناطیس کل و جهت های مغناطیسی در دستگاه مختصات نمونه و دستگاه مختصات جغرافیایی محاسبه می شود.

دستگاه اسپینر مدل JR6-A ساخت کارخانه AGICO از کشور جمهوری چک از سه قسمت تشکیل شده است:

۱- منبع تغذیه

۲- دستگاه مگنتومتر اسپینر: دارای یک محفظه سه لایه از جنس مو- متال (μ -metal) برای خنثی کردن اثر میدان مغناطیسی زمین بر روی نمونه ها تعبیه شده است. همچنین قسمت داخلی دستگاه شامل دو سیم پیچ است که نمونه در جایگاه خود مستقر شده، با چرخش در سه جهت X و Y و Z ، دستگاه مغناطیس زدایی را در سه جهت Z ، Y و X اندازه می گیرد که با نماد M_z ، M_y ، M_x نمایش داده می شود.

۳- لپ تاپ که به دستگاه اسپینر مگنتومتر متصل است و مقادیر اندازه گیری شده را که شامل، مغناطیس نمونه در سه جهت، مغناطیس کل، زاویه میل و انحراف مغناطیسی در سیستم مختصات نمونه و در سیستم مختصات جغرافیایی است در حافظه خود ثبت می کند و سپس به نمایش می گذارد.



شکل ۶-۱۹- دستگاه اسپینر که برای اندازه‌گیری مقدار مغناطیس شدگی نمونه‌های دیرینه مغناطیسی و تعیین جهت‌های NRM از آن استفاده می‌شود.

۶-۱۰-۲- مغناطیس زدایی حرارتی

جدا نمودن جهت‌های مغناطیسی قدیمی نتیجه عمل مغناطیس‌زدایی است. انتخاب روش موثر مغناطیس‌زدایی بستگی به نوع کانی فرومغناطیس، دانه بندی، زمان واهلش و نیروی بازدارنده دانه‌ها دارد. برای تعیین جهت‌های پسماند اولیه مغناطیسی نمونه‌های هرسایت، مغناطیس‌زدایی حرارتی از دمای ۱۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتیگراد و طی ۱۷ مرحله انجام شد. در محدوده دمای کوری مگنتیت مغناطیس‌زدایی جزء به جزء بعد از دمای ۵۰۰ درجه به ترتیب، ۵۵۰، ۵۶۰، ۵۷۰، ۵۸۰، ۶۰۰، ۶۸۰ و ۷۰۰ درجه سانتیگراد صورت گرفت. زیرا در دماهای زیر دمای کوری، جهت‌های قدیمی ثبت شده در حوزه‌های مغناطیس قابل تعیین و اندازه‌گیری است. پس از هر مرحله مغناطیس‌زدایی، جهت‌ها و شدت میدان مغناطیسی هر نمونه توسط دستگاه اسپینر اندازه‌گیری شد. برای کنترل نتایج آزمایش در پایان مراحل مغناطیس‌زدایی با رسم

نمودار زیجرولد و استریوگراف، به صفر نزدیک شدن مغناطیس پسماند و خوشه‌ای شدن جهت‌های پسماند مغناطیسی مورد بررسی قرار گرفت.

۶-۱۰-۳- مغناطیس‌زدایی تحت میدان متناوب مغناطیسی (AF)

در این روش نمونه دیرینه مغناطیس در یک میدان الکتریکی متناوب می‌چرخد. دوقطبی‌های موجود در دانه‌های نمونه دارای نیروی بازدارنده کم و زمان واهلش (Relaxation Time) کوتاه هستند. عملاً با چرخش نمونه در سه جهت متعامد در میدانی با جهت متغیر، مغناطیس شدگی نمونه‌ها به صفر می‌رسد. بررسی ۲۰٪ از نمونه‌ها توسط روش مغناطیس‌زدایی AF در حوزه میدان‌های مغناطیسی ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ الی ۱۰۰ میلی تسلا صورت گرفت و پس از هر مرحله مغناطیس‌زدایی، با دستگاه مغناطیس سنج اسپینر شدت مغناطیسی و جهت‌های مغناطیسی پسماند اندازه‌گیری شد. پس از انجام این مراحل نمودار زیجرولد و استریوگرام نمونه‌های مورد مطالعه رسم گردید.



شکل ۶-۲۰- دستگاه مغناطیس‌زدایی به کمک میدان متناوب مغناطیسی (AF).



شکل ۶-۲۱- دستگاه مغناطیسی زدایی حرارتی (Thermal Demagnetizer).

۴-۱۰-۶- تعیین اندازه دانه ها و کانی‌های مغناطیسی غالب موجود در نمونه‌ها

با استفاده از دستگاه CS-3 که از متعلقات دستگاه کاپاریچ MFK-1 است برای تعیین نوع کانی‌های فرومغناطیس موجود در نمونه‌های مورد مطالعه استفاده می‌شود.

با رسم نمودار تغییرات پذیرفتاری مغناطیسی بر حسب درجه حرارت، کانی مغناطیسی غالب موجود در نمونه‌ها مگنتیت و احتمالا در برخی از آنها هماتیت وجود دارد. این دستگاه از سه قسمت تشکیل شده است : ۱- منبع تغذیه ۲- لپ تاپ ۳- قسمتی که نمونه در آن قرار می‌گیرد و به کوره کوچک CS3 وصل است.



شکل ۶-۲۲- دستگاه Kappabridge مدل MFK-1 ساخت کارخانه AGICO که دستگاه Cs-3 بر روی آن نصب است و برای تعیین نوع کانی فرومگناطیس بکار می‌رود.

۱۱-۶- نتایج حاصل از مراحل آزمایشگاهی

نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده در قالب موارد زیر مورد بررسی قرار گرفته است :

۱- اندازه گیری مقادیر NRM نمونه ها

۲- نتایج کانی شناسی مغناطیسی

۳- نتایج آزمایش مغناطیس زدایی تحت میدان متناوب مغناطیسی یا به اختصار، روش AF

۴- نتایج آزمایش مغناطیس زدایی حرارتی (Thermal Demagnetizer)

۵- آنالیز تعیین مولفه مشخصه مغناطیسی (Principle Component Analysis)

۶- تعیین عرض دیرین جغرافیایی.

۶-۱۱-۱- اندازه گیری مقادیر NRM نمونه ها

پس از برداشت مغزه ها و آماده کردن آنها جهت آزمایشات دیرینه مغناطیس ابتدا باید مقادیر طبیعی مغناطیس حفظ شده در نمونه دایک های بدست آمده اندازه گیری شود تا مقدار اولیه آن برای هر نمونه مشخص شود.

جدول ۶-۱ نشان دهنده مقادیر NRM اندازه گیری شده توسط دستگاه مغناطیس سنج اسپینر برای نمونه های اندازه گیری شده می باشد.

جدول ۶-۱- جدول مقادیر NRM برای نمونه های سنگی متعلق به دایک های دیابازی در ۱۱ ایستگاه نمونه برداری.

Sample No.	Susce. A/m	Sample No.	Susce. A/m	Sample No.	Susce. A/m	Sample No.	Susce. A/m
B1A	7.91E-04	B4H	2.49E-01	B7J	4.64E-03	B11D	1.02E-01
B1B	1.33E-03	B4I	7.86E-01	B7K	4.70E-01	B11E	1.80E-01
B1C	3.50E-04	B4J	1.57E-02	B8A	2.55E-01	B11F	7.82E-01
B1D	8.65E-04	B4K	7.34E-02	B8C	2.89E-01	B11G	6.26E-01
B1E	6.41E-04	B4L	1.96E-02	B8D	1.71E-01	B11I	4.03E-01
B1F	9.98E-03	B4M	5.37E-03	B8E	1.52E-01	.....	.....
B1G	3.35E-01	B4O	3.02E-02	B8F	1.37E-01	.....	.....
B1H	3.21E-01	B5A	5.55E-01	B8H	4.01E-01	.....	.....
B1J	1.83E-03	B5B	4.49E-01	B8I	3.64E-01	.....	.....
B1K	5.70E-04	B5C	1.25E-01	B8J	1.53E-01	.....	.....
B2A	5.90E-01	B5E	7.15E-01	B8K	3.52E-01	.....	.....
B2B	6.24E-01	B5F	4.69E-01	B9A	6.34E-03	.....	.....
B2C	9.30E-01	B5G	2.19E-01	B9B	7.83E-03	.....	.....
B2D	7.78E-01	B5H	3.51E-01	B9C	6.36E-03	.....	.....
B2E	1.85E-03	B5J	6.54E-01	B9D	1.03E-02	.....	.....
B2F	2.16E-03	B5K	6.23E-01	B9E	7.32E-03	.....	.....
B2G	4.27E-01	B5O	3.29E-01	B9F	4.34E-03	.....	.....
B2H	2.80E-01	B5P	5.09E-01	B9H	4.56E-03	.....	.....
B2I	3.70E-01	B6A	1.57E+00	B9I	3.91E-03	.....	.....
B2J	3.69E-01	B6B	2.89E-01	B9J	5.01E-03	.....	.....
B2L	2.76E-01	B6C	8.41E-01	B9K	5.63E-03	.....	.....
B2M	6.64E-01	B6D	1.18E+00	B10A	3.15E-01	.....	.....
B3A	5.71E-01	B6E	2.37E-01	B10B	2.50E-01	.....	.....
B3B	5.04E-01	B6F	4.96E-01	B10C	1.52E-01	.....	.....

Sample No.	Susce. A/m	Sample No.	Susce. A/m	Sample No.	Susce. A/m	Sample No.	Susce. A/m
B3C	6.28E-01	B6G	8.45E-01	B10D	1.80E-01	.....	.....
B3D	5.59E-01	B6H	7.59E-01	B10E	3.19E-01	.....	.....
B3E	5.90E-01	B6I	7.88E-01	B10F	1.13E-01	.....	.....
B3F	4.40E-01	B7A	1.23E-03	B10G	1.50E-01	.....	.....
B3G	6.85E-01	B7B	3.48E-04	B10H	1.48E-01	.....	.....
B3J	4.75E-01	B7C	3.51E-03	B10I	1.65E-01	.....	.....
B3K	3.35E-01	B7D	6.84E-01	B10J	3.31E-01	.....	.....
B3M	5.80E-01	B7E	7.55E-01	B10K	3.03E-01	.....	.....
B4B	3.61E-01	B7F	5.60E-01	B11A	7.09E-01	.....	.....
B4D	4.40E-03	B7G	4.24E-01	B11B	2.43E-01	.....	.....
B4E	5.03E-01	B7H	4.22E-01	B11C	8.12E-02	.....	.....

ادامه جدول ۶-۱

۶-۱۱-۲- دستگاه CS-3

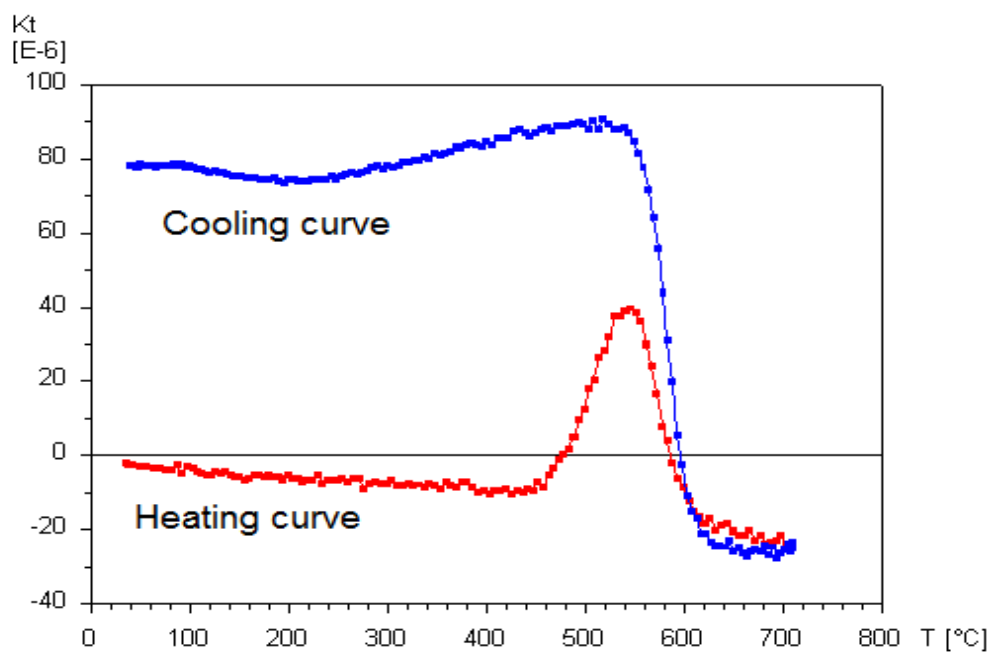
دستگاه مورد نظر از یک حس گر پلاتینی، یک کوره‌ی لوله‌ای غیر مغناطیسی تشکیل شده که به یک منبع آب، جهت کنترل حرارت، متصل می‌باشد (شکل ۶-۳۲). برای کار با این دستگاه، ابتدا ۰/۲۵ سانتی‌متر مکعب از نمونه‌ی سنگی را که پودر شده درون لوله‌ی سیلیکایی ریخته، سپس حس گر درون لوله و بعد آن دو درون کوره قرار داده می‌شوند. با شروع به کار دستگاه، کوره به طور اتوماتیک درون محفظه‌ی اندازه‌گیری قابلیت مغناطیسی، وارد می‌شود و بعد از اندازه‌گیری از آن خارج می‌شود و این عمل تا پایان آزمایش به طور متوالی بوسیله دستگاه انجام می‌شود و اطلاعات حاصل از آن توسط یک دستگاه لپ‌تاب ذخیره می‌شود و نموداری نیز جهت مشخص شدن نوع کانی‌های فرومغناطیسی، به طور اتوماتیک طی انجام آزمایش توسط این دستگاه رسم می‌شود. نمودار حاصل از این دستگاه بر مبنای قابلیت پذیرفتاری مغناطیسی در برابر دما می‌باشد. هر نمودار از دو منحنی، قرمز و آبی تشکیل شده‌است که منحنی قرمز نشان‌دهنده مرحله گرم شدن و منحنی آبی نشان‌دهنده مرحله سرد شدن است که با بررسی این دو منحنی می‌توان به نوع کانی-

های فرومغناطیس موجود در نمونه پی برد. برای نمایش بهتر منحنی‌های معرف مراحل سرد شدن و گرم شدن از عبارتهای Heating Curve و Cooling Curve استفاده کرده‌ایم که در کنار آنها نوشته شده است.

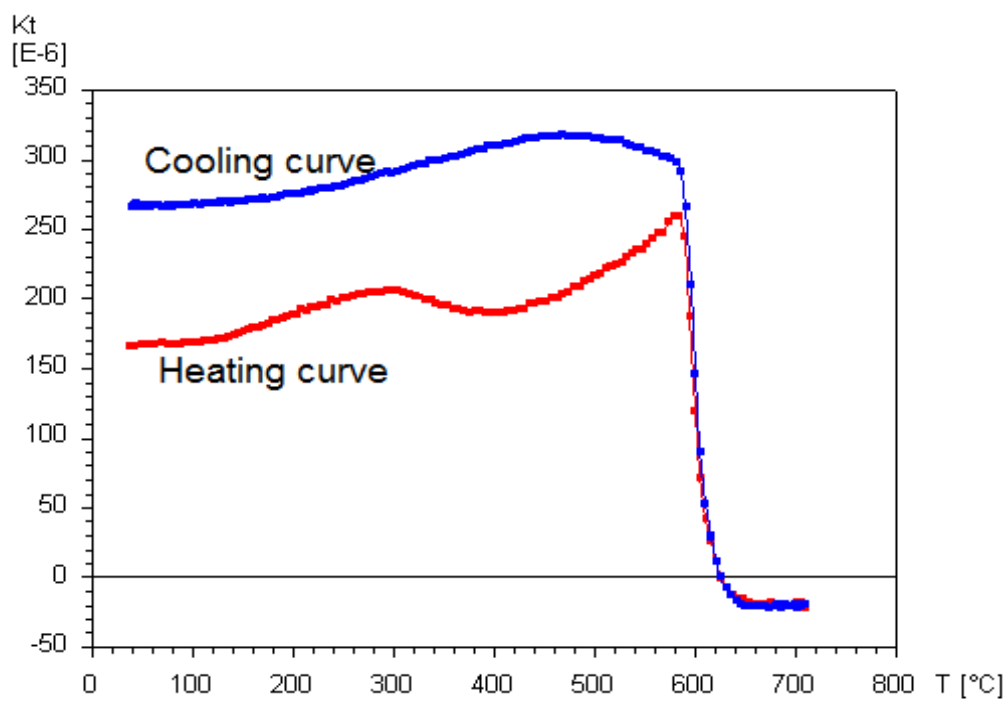
۶-۱۱-۳- نتایج کانی شناسی مغناطیسی

نمودارهای ۶-۲۲ الی ۶-۳۰ تغییرات پذیرفتاری مغناطیسی برحسب تغییرات درجه حرارت را نشان می‌دهند که توسط دستگاه CS-3 برای تشخیص کانی‌های فرو مغناطیس موجود در نمونه‌ها اندازه‌گیری و رسم شده‌اند. این نمودارها عموماً وجود کانی مگنتیت (افت شدید پذیرفتاری مغناطیسی در ۵۸۰ درجه) و در برخی نمونه‌ها هماتیت (افت در پذیرفتاری مغناطیسی در حدود دمای ۶۸۰ درجه) را در نمونه‌های اندازه‌گیری شده نشان می‌دهند.

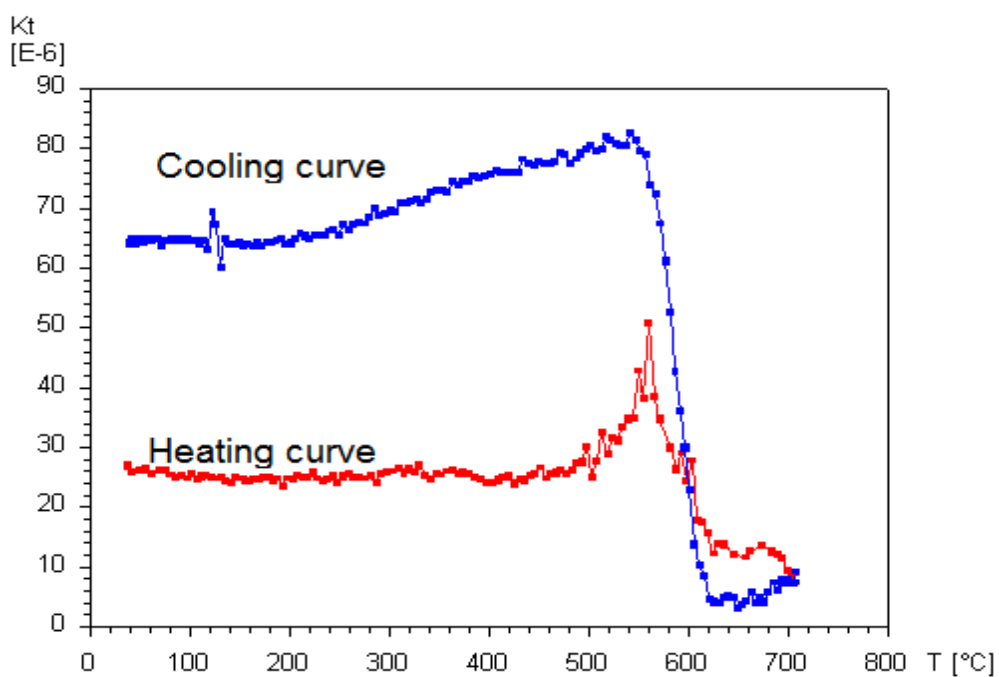
در مجموع ۹ نمونه از ۹ ایستگاه اندازه‌گیری دایک‌ها پودر شده و توسط دستگاه CS-3 برای تشخیص کانی‌های مغناطیسی تحت مطالعه قرار گرفتند. در این نمودارها محور عمودی تغییرات مقدار پذیرفتاری مغناطیسی و محور افقی معرف تغییرات درجه حرارت است. نتایج بدست آمده در ادامه بطور مفصل شرح داده می‌شود:



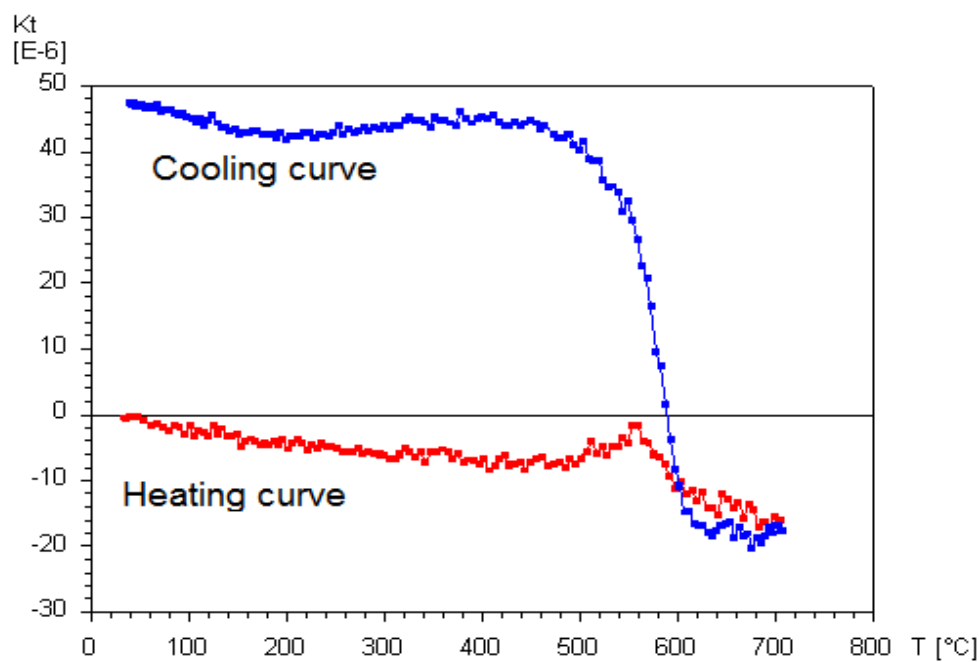
شکل ۶-۲۳- نمونه B11H (متعلق به ایستگاه ۱۱) - حاوی مقادیر بسیار کم مگنتیت و کمی هماتیت.



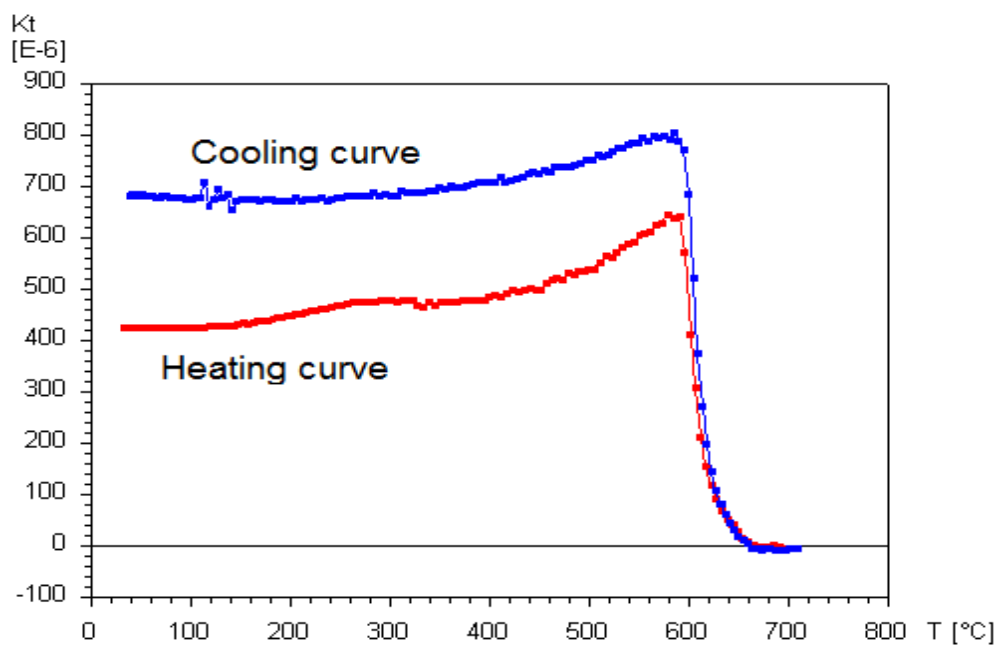
شکل ۶-۲۴- نمونه B10C (متعلق به ایستگاه دهم) - حاوی مگنتیت زیاد می باشد.



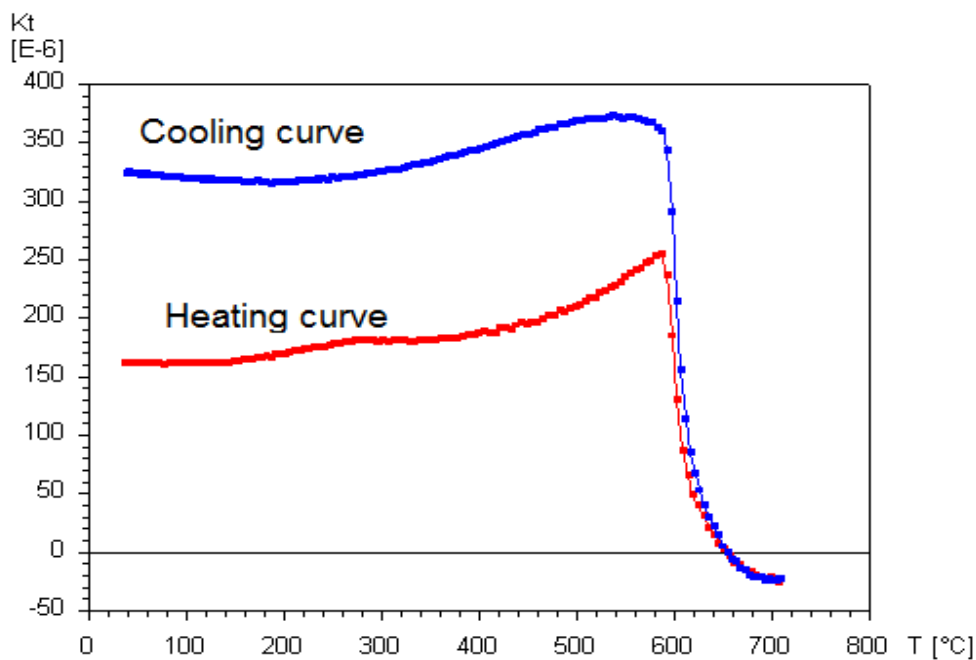
شکل ۶-۲۵- نمونه B9A (متعلق به ایستگاه نهم)- دارای مگنتیت و اندکی هماتیت می باشد.



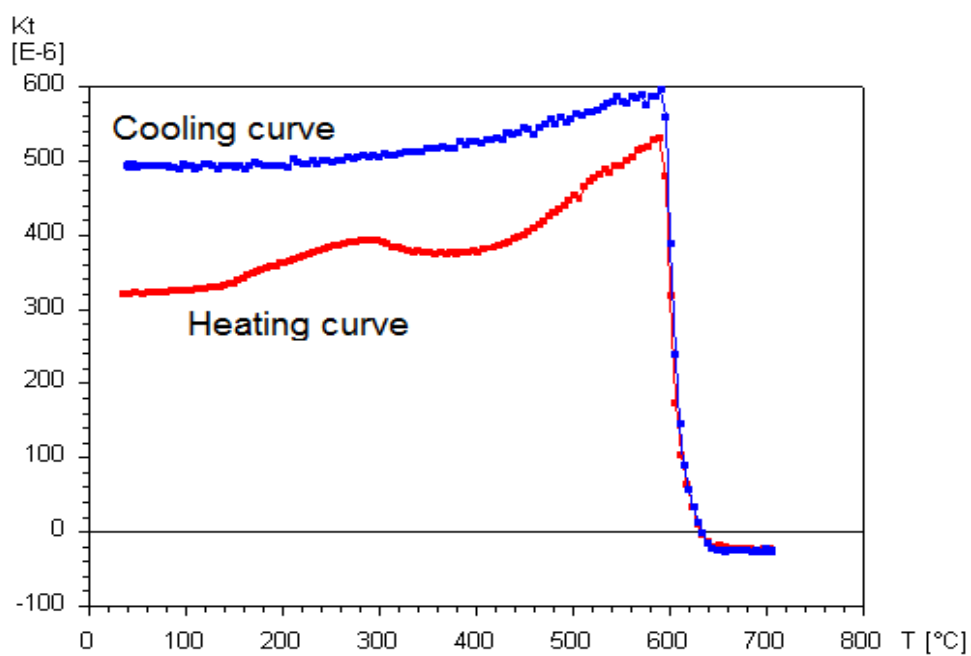
شکل ۶-۲۶- نمونه B7A (متعلق به ایستگاه هفتم)- مگنتیت و هماتیت در این نمونه کم یافت می شود.



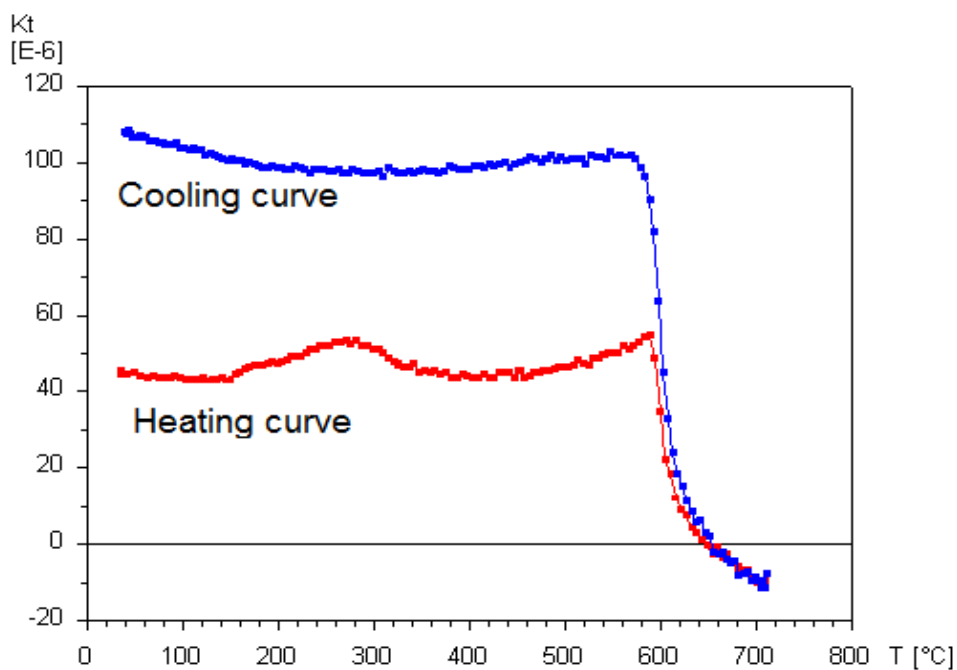
شکل ۶-۲۷- نمونه B6G (متعلق به ایستگاه ششم)- این نمونه دارای مقادیر قابل توجهی مگنتیت می باشد.



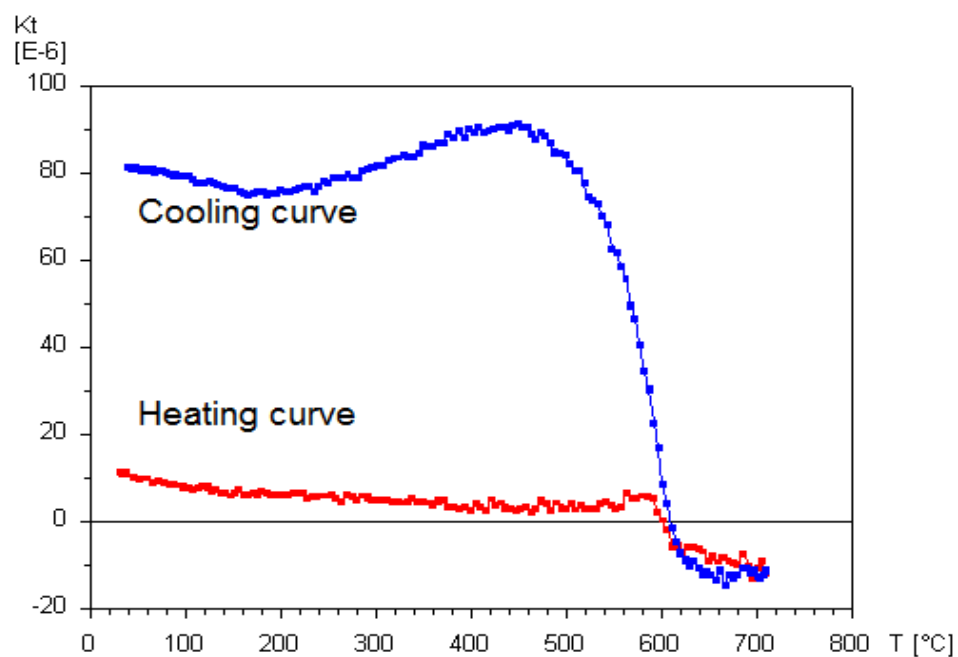
شکل ۶-۲۸- نمونه B5J- (متعلق به ایستگاه پنجم)- دارای مگنتیت زیاد و هماتیت کم.



شکل ۶-۲۹- نمونه B3G - (متعلق به ایستگاه سوم) - این نمونه حاوی مگنتیت قابل توجهی است.



شکل ۶-۳۰- نمونه B2H (متعلق به ایستگاه دوم) - دارای مگنتیت و اندکی هماتیت است.



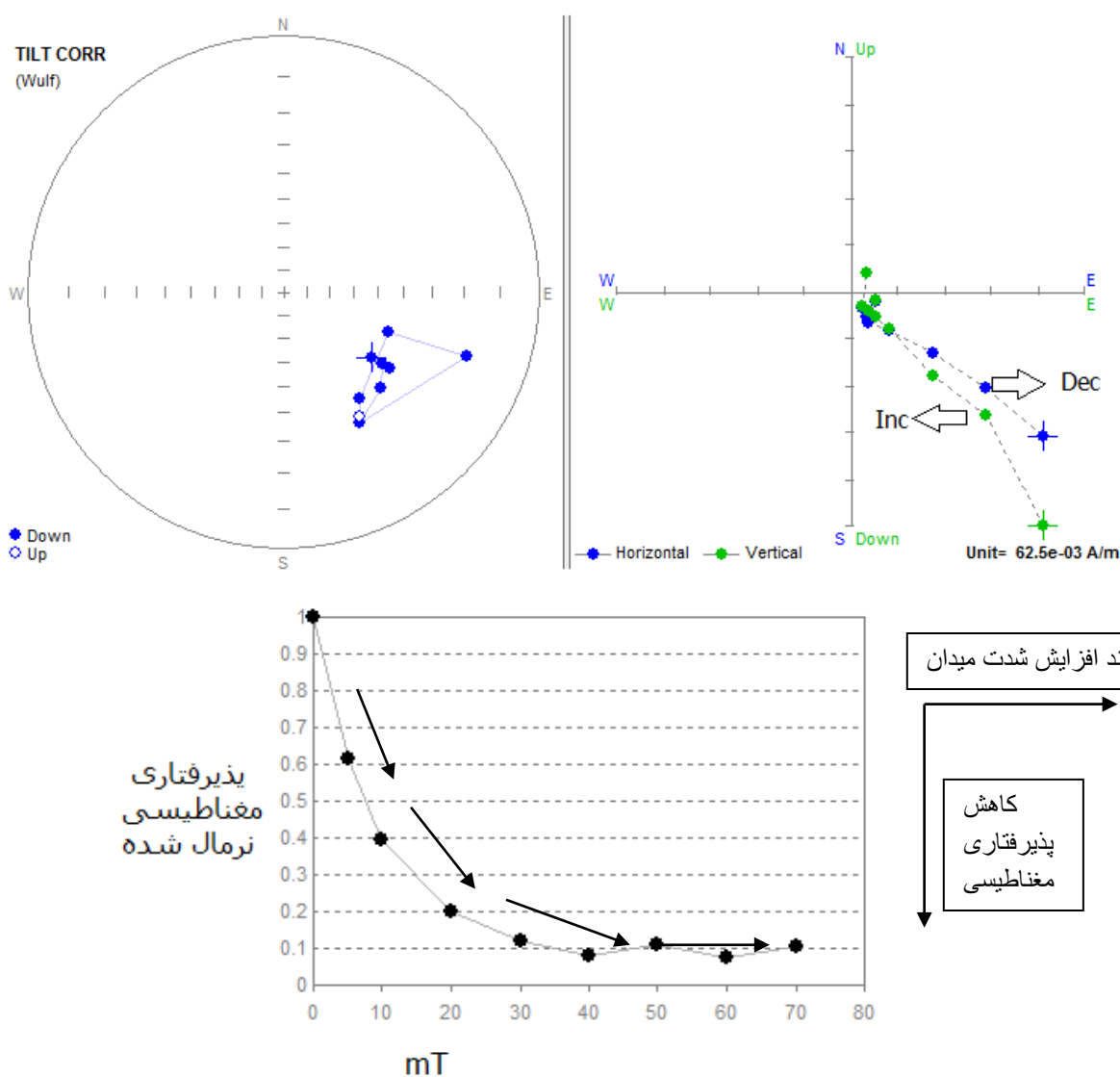
شکل ۶-۳۱- نمونه B1F- (متعلق به ایستگاه اول)- دارای مگنتیت و هماتیت کمی است.



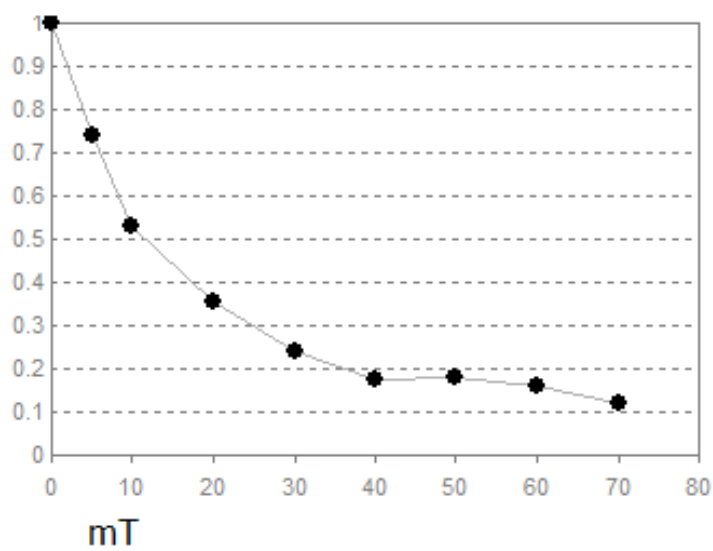
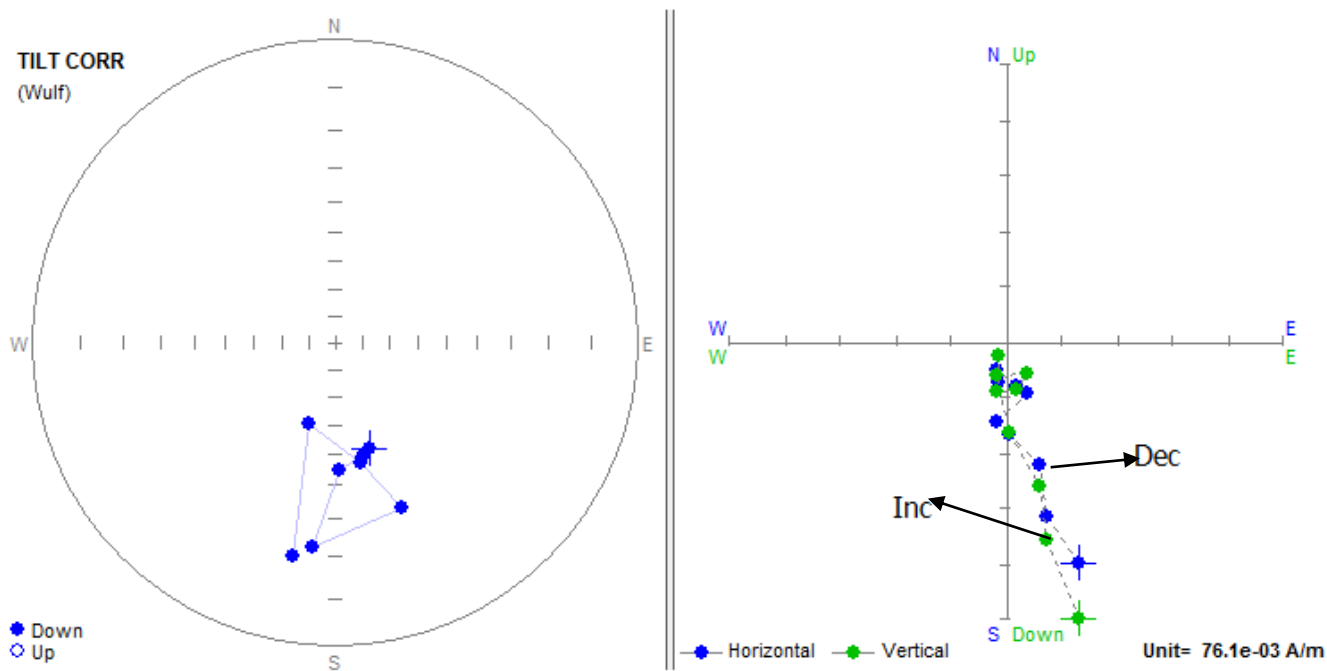
شکل ۶-۳۲- تصویر نشان دهنده دستگاه CS-3 و نحوه قرار دادن نمونه در آن (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور).

۶-۱۱-۴- نتایج مغناطیس زدایی AF

جهت بررسی دانه‌بندی کانی‌های مغناطیسی موجود در نمونه‌های دایکی آزمایش‌های انجام شده نشان داده است که تمام نمونه‌ها در میدان‌های مغناطیسی متناوب Alternative Field demagnetizer (AF) زیر میدان ۷۰ میلی‌تسلا به پایین‌ترین مقدار پذیرفتاری مغناطیسی خود رسیده‌اند که نشان دهنده سائز دانه‌های ریز برای کانی‌های مغناطیسی موجود در نمونه‌های مورد مطالعه می‌باشد.



شکل ۶-۳۳- نمودار برداری و گرافیکی جهت‌های مغناطیسی نمونه B5B متعلق به ایستگاه ۵ که در نتیجه مغناطیس زدایی AF حاصل شده است.



شکل ۶-۳۴- نمودار برداری و گرافیکی جهت های مغناطیسی نمونه B6F متعلق به ایستگاه 6 که در نتیجه مغناطیس زدایی AF حاصل شده است.

در روش مغناطیس زدایی AF هر کدام از نمونه های آماده شده توسط دستگاه مغناطیس زدایی با شدت میدان متغیر (شکل ۶-۲۰) تحت تاثیر میدان های مغناطیسی با شدت متفاوت قرار می گیرند. در این روش هر نمونه طی ۱۱ مرحله در میدان های مغناطیسی از ۵ میلی تسلا تا میدان ۱۰۰ میلی تسلا قرار می گیرند و پس از هر مرحله میزان پسماند مغناطیسی آنها یا NRM آنها توسط دستگاه مغناطیس سنج اندازه گیری می شود. در نهایت پس از پایان یافتن تمام مراحل مغناطیس زدایی برای هر نمونه نمودارهایی همانند آنچه برای دو نمونه از ایستگاههای ۵ و ۶ گفته شد ترسیم می شود.

۶-۱۱-۵- نتایج مغناطیس زدایی حرارتی

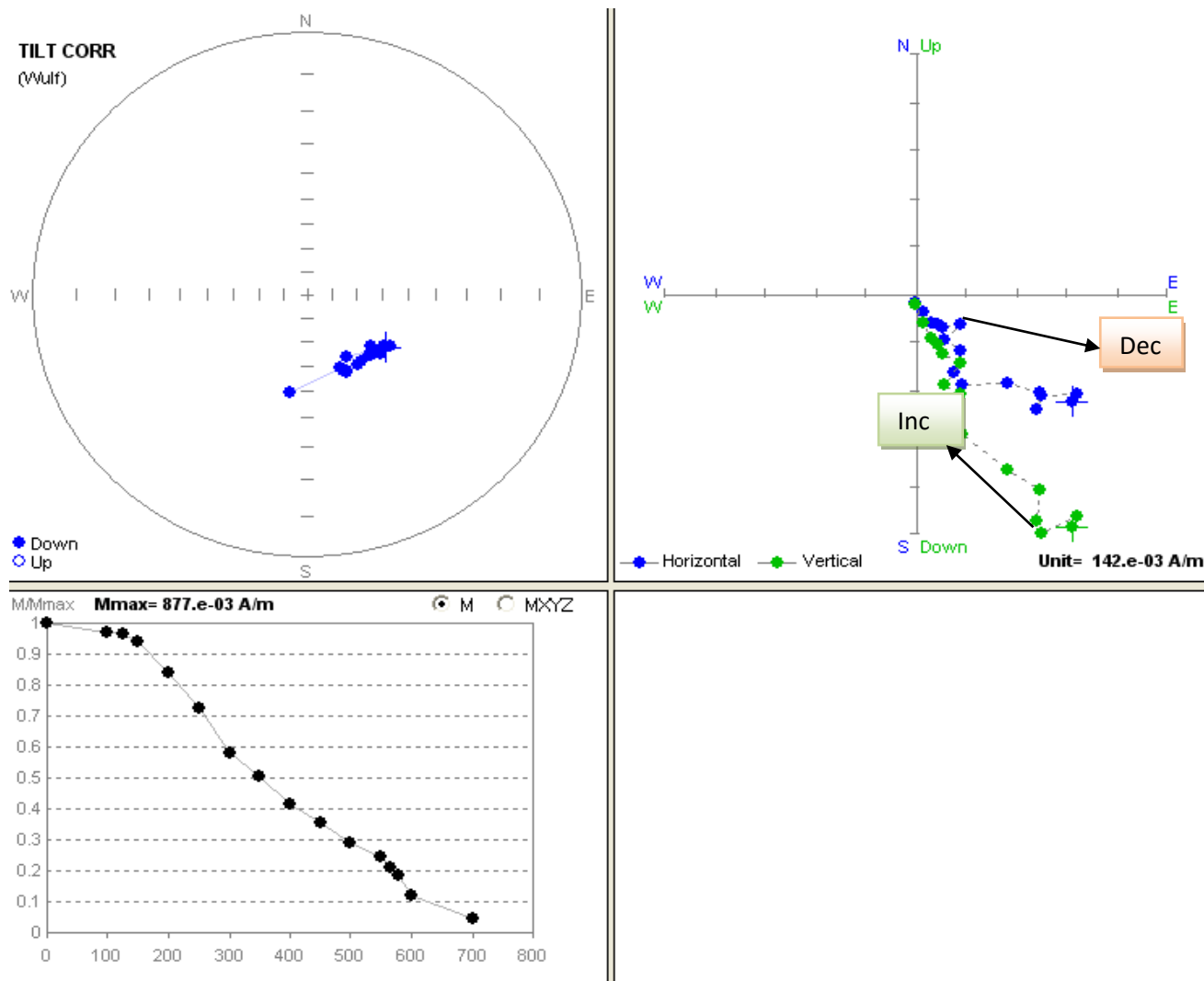
در این تحقیق، از روش مغناطیس زدایی حرارتی برای جدا کردن مولفه های پسماند مغناطیسی طبیعی (NRM) در محدوده دمای ۰ تا ۷۰۰ درجه سانتیگراد استفاده شده است. برای جدا کردن ChRM از بقیه مولفه های پسماند مغناطیس زدایی بین دمای ۵۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتیگراد، طی مراحل: ۵۷۰، ۵۶۰، ۵۸۰، ۶۸۰، ۶۰۰ و ۷۰۰ صورت گرفت. به سبب اینکه کانی فرومغناطیسی نمونه ها مگنتیت با دمای کوری ۵۸۰ درجه سانتیگراد است و دمای قفل شدگی نزدیک به این دما می باشد، مراحل جز به جز مغناطیس زدایی به این طریق انجام پذیرفت. پس از انجام مغناطیس زدایی و تعیین جهت های پسماند مغناطیسی هر نمونه از یک سایت، جهت متوسط دیرینه مغناطیس هر سایت محاسبه گردید. مقایسه جهت های میانگین مغناطیسی سایت ها بایکدیگر نشان از ارتباط نزدیک میان جهت های مغناطیسی سایت های ۵، ۴، ۳ و ۲ را نشان می دهد.

توجه به این نکته حائز اهمیت است که عوامل تاثیرگذار بر روی نتایج بدست آمده از آزمایشات دیرینه مغناطیسی عبارتند از:

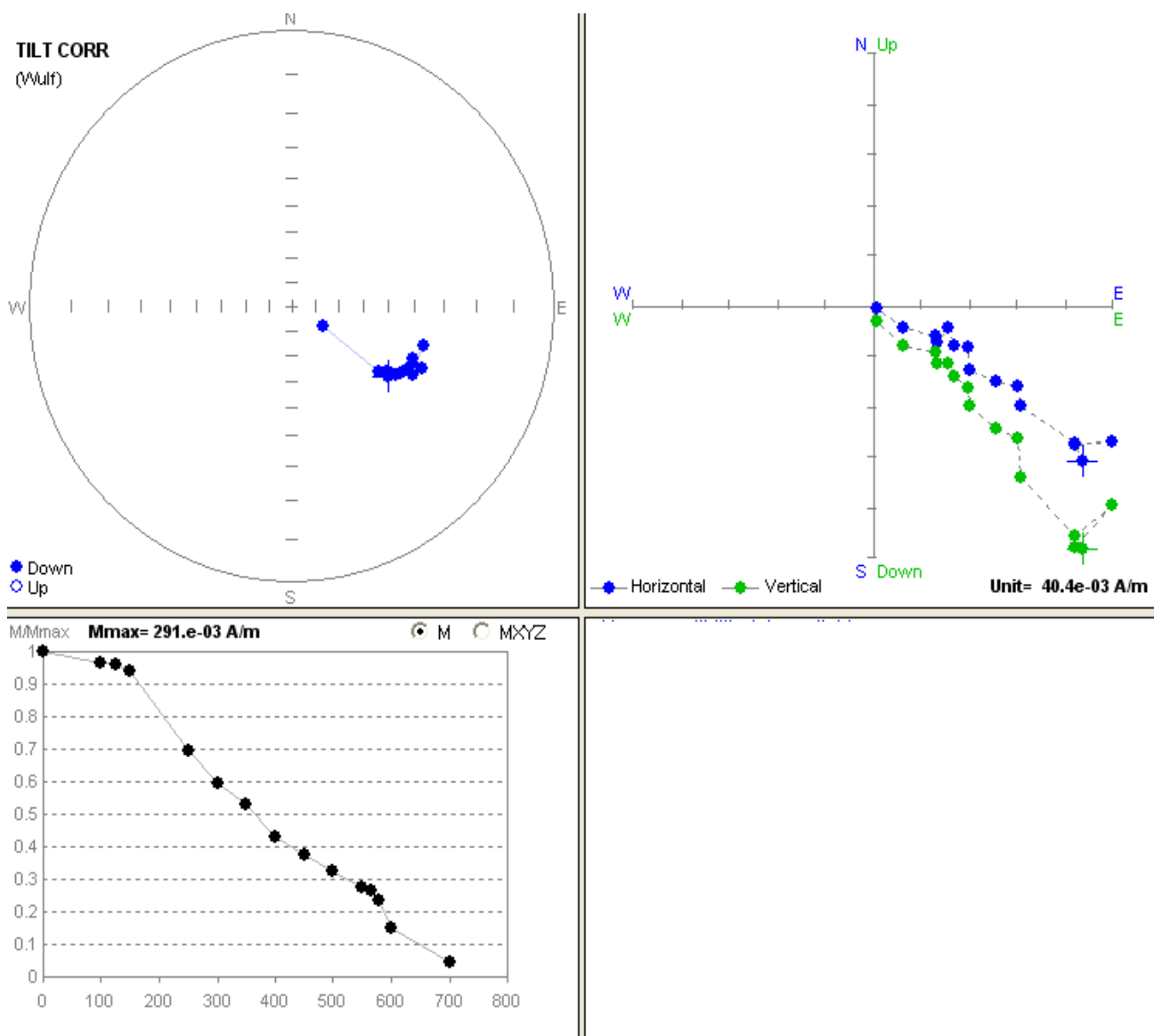
۱- پراکندگی جهت‌های مغناطیسی نمونه‌های هر سایت به علت عدم حذف تغییرات گذرای میدان مغناطیسی هنگام میانگین‌گیری از جهت‌ها،

۲- شرایط موفقیت آمیز مغناطیس‌زدایی و تفکیک مولفه‌های NRM و رسیدن به ChRM،

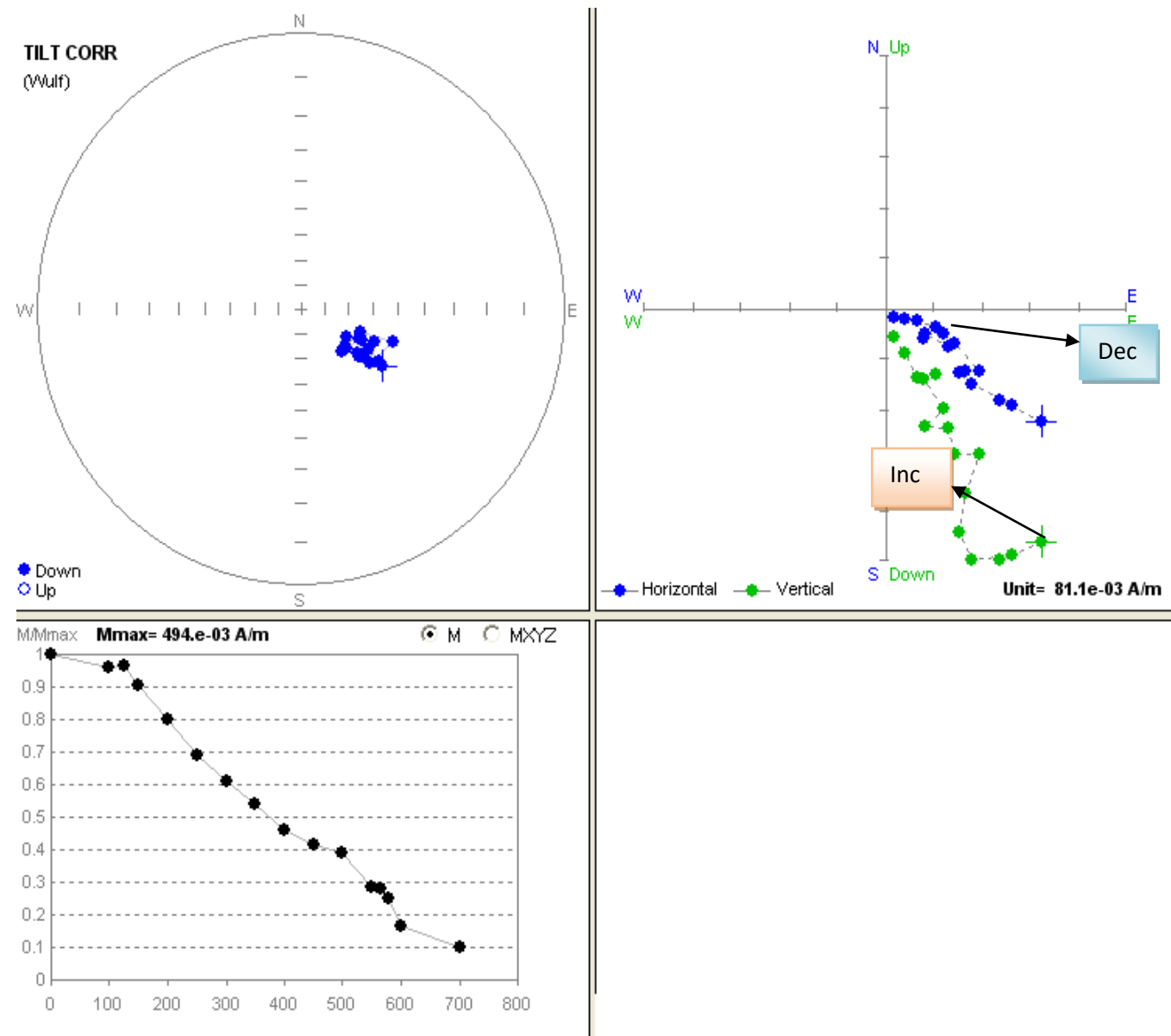
۳- شرایط آزمایشگاهی دیرینه مغناطیسی و کالیبراسیون صحیح دستگاه‌های اندازه‌گیری و تکتونیزه بودن منطقه مورد مطالعه. موارد مبتلا به مورد بررسی شد و تصحیحات لازم انجام گرفت.



شکل ۶-۳۵- نمودارهای نشان دهنده مراحل مغناطیس زدایی حرارتی از دمای ۱۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی گراد برای نمونه B2D.



شکل ۶-۳۶- نمودار های نشان دهنده مراحل مغناطیس زدایی حرارتی از دمای ۱۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی گراد برای نمونه B4E



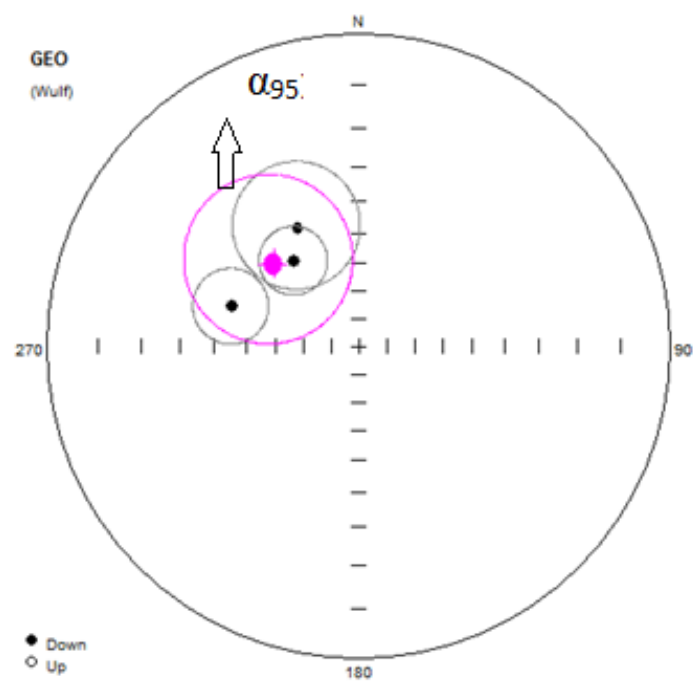
شکل ۶-۳۷- نمودار های نشان دهنده مراحل مغناطیس زدایی حرارتی از دمای ۱۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی گراد برای نمونه B11A.

- تفسیر این نمودارها چگونه است؟

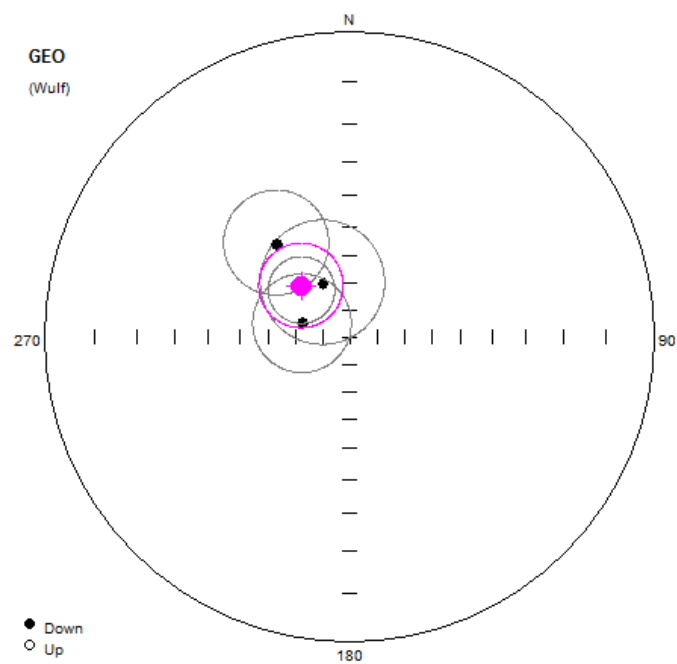
هدف اصلی از مغناطیس‌زدایی حرارتی ، پیدا کردن مولفه مشخصه مغناطیسی یا همان جهت اولیه مغناطیسی نمونه است که در زمان تشکیل شدن در سنگ ثبت شده است. در شکل فوق، عکس سمت چپ بالا، نشان دهنده موقعیت جغرافیایی نمونه در هر مرحله از مغناطیس‌زدایی بعد از اعمال تصحیحات چین خوردگی است و همان‌طور که دیده می‌شود، موقعیت نمونه تقریباً در تمام مراحل یکسان است و این نشان می‌دهد که نمونه جواب خوبی داده است و موقعیت نمونه بعد از ثبت جهت‌های مغناطیسی تغییر پیدا نکرده است. شکل چپ پایین، نشان دهنده تغییرات پذیرفتاری مغناطیسی در برابر افزایش حرارت می‌باشد، که اگر نمونه دارای کانی مغناطیسی فری مگنتیت باشد، به محض رسیدن به دمای کوری آن کانی، در گراف شاهد افت ناگهانی خواهیم بود و ما می‌توانیم از روی این شکل به حامل اصلی مغناطیس نمونه پی ببریم. در شکل سمت راست بالا، ما شاهد تغییرات زوایای شیب و جهت شیب هستیم و از روی این شکل ما می‌فهمیم که نمونه مورد آزمایش دارای چند مولفه مغناطیسی است و کدام مولفه، مولفه اولیه است که جهت اصلی مغناطیس شدن در زمان تشکیل سنگ را به ما نشان می‌دهد. معمولاً چند مرحله آخری مغناطیس‌زدایی که شیب و سمت شیب به سمت مبدا نمودار حرکت می‌کنند، مولفه اصلی می‌باشد.

۶-۱۱-۶- آنالیز تعیین مولفه مشخصه مغناطیسی (PCA)

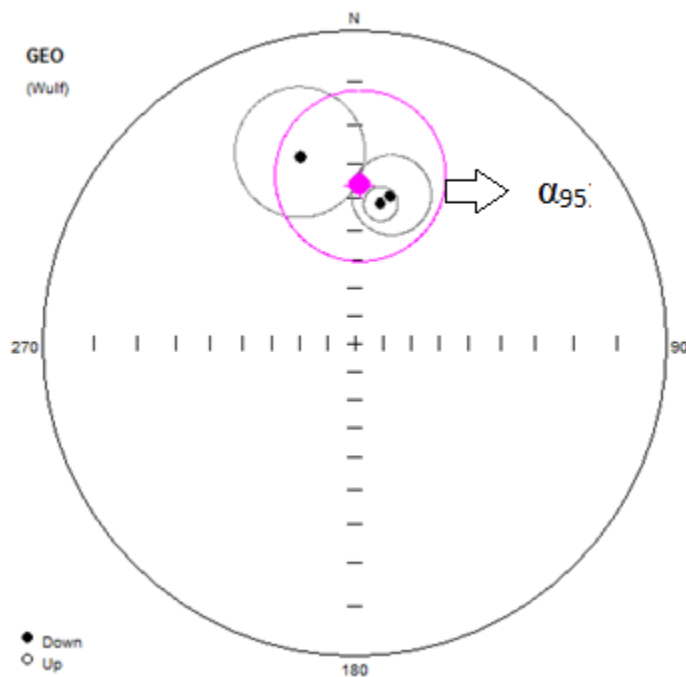
ChRM مولفه‌ای از NRM با بالاترین میزان پایداری است که توسط روش مغناطیس‌زدایی جزء به جزء از بقیه مولفه‌ها جدا (ایزوله) می‌شود. هدف کارهای آزمایشگاهی دیرینه مغناطیس، تشخیص و تعیین مولفه‌های NRM اولیه و ثانویه است. در واقع با مغناطیس‌زدایی جزء به جزء مولفه‌های ثانویه که پایداری مغناطیسی کمی دارند از مولفه‌های اولیه که پایداری بالایی دارند جدا می‌شوند. در صورتی عمل مغناطیس‌زدایی موفقیت‌آمیز است که جهت‌های ChRM بدست آمده به صورت گروهی دور از جهت میدان مغناطیسی فعلی قرار گیرند، به طوری که در شکل زیر دیده می‌شود برای تمام ایستگاه‌ها نمودارهای ChRM آنها ترسیم شده است که بر اساس آزمایشات مراحل مغناطیس‌زدایی AF و ترمال (حرارتی) بدست آمده‌اند. در شکل‌های ۶-۳۸ و ۶-۳۹ نمودارهای ایستگاه‌های مختلف ترسیم شده بر اساس جهت‌های مغناطیسی بدست آمده طی روش‌های مغناطیس AF و مغناطیس‌زدایی حرارتی نشان داده شده‌اند:



شكل ٦-٣٨-الف



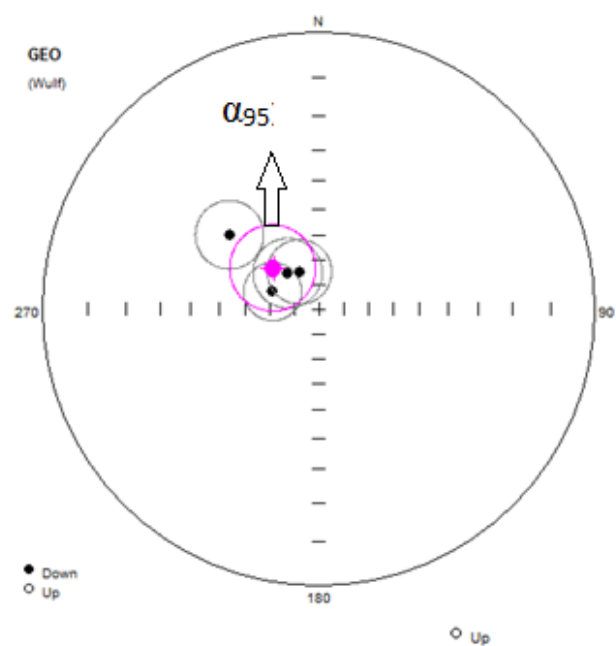
شكل ٦-٣٨-ب



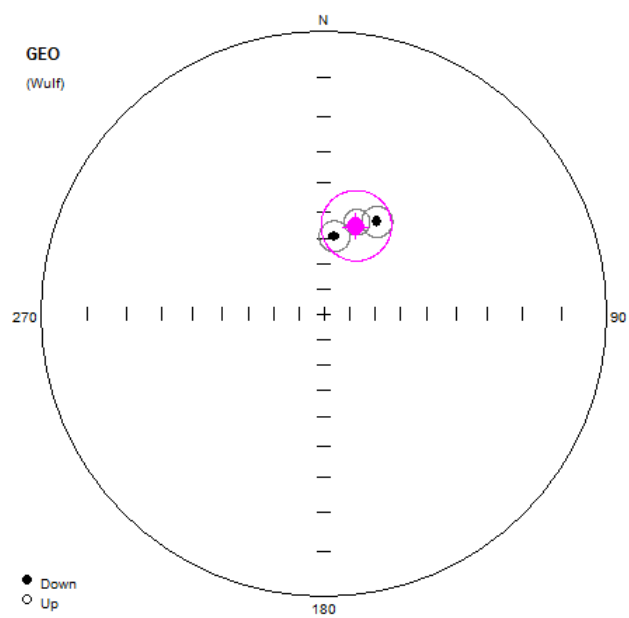
شکل ۶-۳۸- ج

شکل ۶-۳۸- استریوگرامهای ترسیم شده نشان دهنده جهت های مغناطیسی بدست آمده از روش مغناطیس زدایی AF مربوط به ایستگاه های ۲ (شکل الف) ۵ (شکل ب) و ۱۰ (شکل ج). محیط دایره معرف زاویه انحراف و شعاع بیانگر مقدار زاویه میل است.

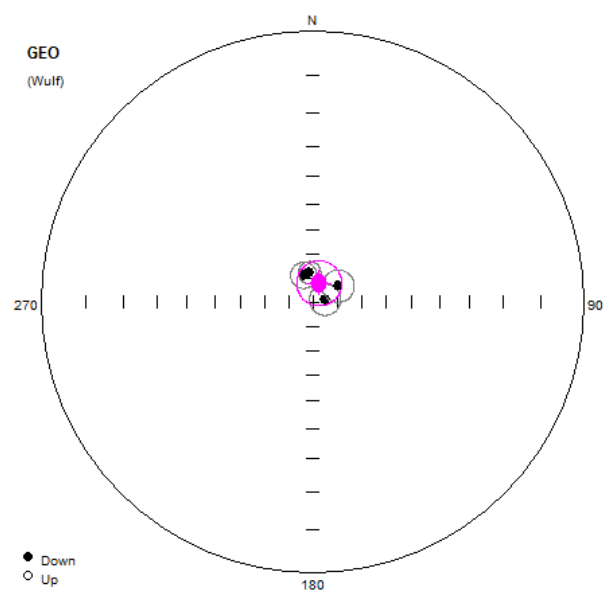
مثال هایی از رسم استریوگرام های (دایره WULF) نمونه هایی از ایستگاه های مختلف، که از مغناطیس زدایی حرارتی به دست آمده است در شکل های ۶-۳۸ الف تا د، نشان داده شده است (روش تصویر سازی هم مساحت) جهت های ChRM از بقیه مولفه های NRM بین دمای ۵۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتیگراد جدا شده اند. در ایستگاه های ۳ و ۴ خوشه ای شدن جهت ها و کوچک بودن دایره عدم قطعیت (α_{95}) جهت های ChRM، نشان دهنده حذف اثر S.V. از داده های مربوط به آن سایت است. در نمودارهای مربوط به ایستگاه های ۵ و ۱۱ بزرگ بودن دایره عدم قطعیت نشان دهنده پراکندگی جهت های ChRM می باشد. در این نمودارها دایره های توپر نشان دهنده زاوایای مثبت هستند، زیرا تصحیح وارونگی برای نقاطی با قطبیت معکوس صورت گرفته است.



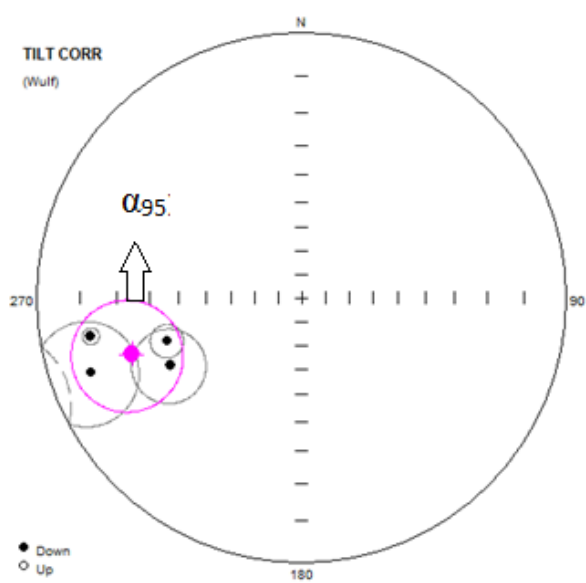
شکل ۶-۳۹-الف



شکل ۶-۳۹-ب



شکل ۳۹-۶ ج



شکل ۳۹-۶ د

شکل ۳۹-۶- استریوگرام های ترسیم شده نشان دهنده جهت های مغناطیسی حاصل از روش مغناطیس زدایی حرارتی سایت های ۳، ۴، ۵ و ۱۱ (به ترتیب الف تا د) محیط دایره تصویر برحسب زاویه انحراف و شعاع بیانگر مقدار زاویه میل است.

در جدول ۶-۲ داده‌های پالئومغناطیس برای ایستگاه‌های انتخاب شده که مناسب برای نتایج پالئومغناطیس بوده‌اند به طور کامل آورده شده است.

در این جدول N تعداد کل نمونه‌ها

n ، تعداد نمونه های در نظر گرفته شده برای محاسبه

D ، جهت شیب

I ، شیب

R و K ضرایب ثابت تعیین دقت جهت

در نهایت آلفا ۹۵ (α_{95}) نیز ضریب اطمینان محاسبه می‌باشد.

Site	N	n	I	D	R	K	α_{95}
۱	۸	نامناسب جهت مطالعات دیرینه مغناطیس					
۲	۵	۳	۳۷	۱۳۵/۶	۲/۹۴	۳۳	۲۱/۸
۳	۱۱	۴	۴۰	۱۷۲	۴	۳۱/۲۶	۱۶/۷
۴	۱۱	۴	۲۶	۱۲۲/۴	۲/۴	۱۱۹/۷۳	۸/۴
۵	۱۱	۳	۳۲/۴	۱۲۹	۳	۱۵/۵	۳/۲
۶	۹	۴	۲۵/۴	۱۷۰/۴	۴	۸۷/۴۴	۱۰
۷	۸	۳	۴۹/۳	۱۵۱/۶	۳	۱۵۵/۹۳	۱۰
۸	۹	۴	۵۲	۱۴۰/۴	۳/۹	۲۶/۳۵	۱۸/۲
۹	۱۱	۳	۹	۱۵۱/۵	۳	۲۴۴/۶۶	۸
۱۰	۱۰	نامناسب جهت مطالعات دیرینه مغناطیس					
۱۱	۸	۴	۲۲	۲۵۱/۷	۴	۳۲/۵۳	۱۶/۵

جدول ۶-۲- نمایش داده های آزمایشات پالئومغناطیس برای تمام ایستگاههای مورد مطالعه

از یازده ایستگاه برداشت شده جهت مطالعات پالئومغناطیس فقط ایستگاههای ۵، ۴، ۳، ۲، ۶ و ۱۱ جهت این مطالعات پاسخ مثبت داده اند و بقیه ایستگاهها از نظر آماری و مغناطیس شدگی برای محاسبات پالئومغناطیس مناسب نبوده اند و از لیست محاسبات نهایی حذف شدند. پارامترهای پالئومغناطیس محاسبه شده برای شش ایستگاه مناسب در جدول ۶-۳ نشان داده شده است.

عرض دیرین	شیب (I)	جهت شیب (D)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	سن	سایت
۲۰,۷°	۳۷	۱۳۵/۶	۸۳	۱۵	ژوراسیک میانی	۲
۲۲,۸°	۴۰	۱۷۲	۴۸	۲۴/۸	ژوراسیک میانی	۳
۱۳,۶°	۲۶	۱۲۲/۴	۹۷	۱۳/۳	ژوراسیک میانی	۴
۲۵,۳°	۴۳/۴	۱۲۹	۸۶/۸	۶/۴	ژوراسیک میانی	۵
۱۳,۴°	۲۵/۴	۱۷۰/۴	۵۱/۴	۳۳/۹	ژوراسیک میانی	۶
۱۱,۵°	۲۲	۲۵۱/۷	۸۱/۲	۲۴/۲	ژوراسیک میانی	۱۱

جدول ۳-۶- نمایش داده‌های حاصل از محاسبه قطب دیرین مغناطیسی برای نمونه‌های مطالعه شده.

قطب دیرین مغناطیس مرجع تعیین شده برای سنگ‌های میکروپلیت ایران مرکزی که سن آنها ژوراسیک میانی است (حدود ۱۷۲ میلیون سال قبل) گزارش شده است که در جدول زیر (جدول ۴-۶) آمده است:

مرجع Reference	عرض دیرین Paleo.Lat	عرض جغرافیایی ϕ_p	طول جغرافیایی λ_p	α_{95} (ضریب اطمینان)	(ضریب دقت) K	تعداد مطالعه شده (n)	تعداد کل نمونه‌ها (N)
Schmidt ,k. and Soffel,H(1984).	۱۵	۳۸	۳۱۴/۴	۱۲/۱	۱۲/۲	۱۱	۲۰
Soffel ,H.C. and Forster H.G.(1984)	۳۲	۴۳/۳	۲۸۳	۹/۷	۱۲/۶	۱۵	۱۵

جدول ۴-۶- نتایج داده‌های قطب‌های دیرین مغناطیس مرجع مورد استفاده در این مطالعه.

در مجموع آزمایشات صورت گرفته طی ۲ مرحله مغناطیس زدایی حرارتی و مغناطیس زدایی AF در این مطالعه تعدادی از ایستگاه‌ها از نظر مغناطیسی جواب مطلوب نداده و حذف شدند از طرف دیگر تعدادی از ایستگاه‌ها جواب ایده‌آل و مناسب ارائه کردند که در جدول ۶-۵ نتایج بدست آمده در مورد عرض جغرافیایی دیرین، در طی دو مرحله مغناطیس زدایی حرارتی و AF با یکدیگر مقایسه شده است:

Station Name	Paleolatitude by Thermal data	Paleolatitude by AF data
۲	۲۰/۷	۲۸/۴
۳	۲۲/۸	۳۳
۴	۱۳/۶	غیر قابل قبول
۵	۲۵/۳	۲۴/۸
۶	۱۳/۴	غیر قابل قبول
۱۱	۱۱/۵	۱۵

جدول ۶-۵- مقایسه ای از نتایج بدست آمده در مورد عرض دیرین جغرافیایی طی مراحل مغناطیس زدایی ترمال و AF در دایک‌ها.

۶-۱۱-۷- تعیین عرض دیرین جغرافیایی

از ۱۱ ایستگاه نمونه برداری شده جهت این تحقیق تعداد ۶ ایستگاه جهت مطالعات پالئومغناطیس و مشخص کردن ChRM جواب‌های مثبت داده‌اند که بعد از تعیین ChRM آنها و پارامترهای دیگر پالئومغناطیسی مانند α_{95} و R و I و D عرض‌های دیرین جغرافیایی برای ایستگاه‌های مذکور محاسبه شد و با عرض دیرین جغرافیایی حاصل از منابع مطالعاتی نظیر شافل و فورستر (۱۹۸۴) و اشمیت و شافل (۱۹۸۴) مقایسه شد که تمامی شش ایستگاه مورد مطالعه در این تحقیق نتایج مشابهی با عرض

جغرافیایی مرجع ژوراسیک میانی ایران نشان دادند. نتایج بدست آمده در جدول شماره ۶-۶ ارائه شده است:

سن	محل برداشت نمونه	منابع	عرض دیرین جغرافیایی محاسبه شده
ژوراسیک میانی	حوالی سیرجان	Soffel ,H.C. and Forster ,H.G.(1984	۱۵°
ژوراسیک میانی	حوالی سیرجان	Schmidt ,k. and Soffel,H.(1984).	۳۲°
ژوراسیک میانی	منطقه دلبر - بیارجمند ایستگاه ۲	این تحقیق	۲۰/۷°
ژوراسیک میانی	منطقه دلبر - بیارجمند ایستگاه ۳	این تحقیق	۲۲/۸°
ژوراسیک میانی	منطقه دلبر - بیارجمند ایستگاه ۴	این تحقیق	۱۳/۶°
ژوراسیک میانی	منطقه دلبر - بیارجمند ایستگاه ۵	این تحقیق	۲۵/۲°
ژوراسیک میانی	منطقه دلبر - بیارجمند ایستگاه ۶	این تحقیق	۱۳/۴°
ژوراسیک میانی	منطقه دلبر - بیارجمند ایستگاه ۱۱	این تحقیق	۱۱/۵°

جدول ۶-۶- جدول مقایسه ای بین عرض های دیرین جغرافیایی در این تحقیق و منابع مشابه مطالعاتی در ژوراسیک میانی ایران مرکزی.

نتیجه گیری

در پایان پس از انجام آزمایشات مربوط و بررسی‌های صورت گرفته در زمینه پترولوژی، پتروگرافی و آزمایش‌های وابسته به تعیین موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و مشخص نمودن ساز و کار توزیع مذاب در دایک‌های قطع کننده منطقه دلبر، می‌توان موارد ذکر شده در زیر را به عنوان نتایج کلی از این پایان نامه ذکر کرد :

(۱) بر خلاف آنچه که قبلاً در مورد سن دایک‌های قطع کننده مجموعه دلبر تصور می‌شد و آن‌ها را به بازه زمانی ۵۳۰-۵۵۰ میلیون سال قبل نسبت می‌دادند، اینک با بررسی‌های انجام شده در این مطالعه و پیدا کردن شواهد کافی، با اطمینان نظریات پیشین بیان شده در مورد هم سنی دایک‌ها و سنگ میزبان گنیسی رد شده و سن دایک‌ها در محدوده زمانی ژوراسیک زیرین تا ژوراسیک میانی بدست آمده است (۱۶۰ تا ۱۷۷ میلیون سال قبل).

(۲) میزان SiO_2 دایک‌های این منطقه بر اساس آنالیزهای شیمی انجام گرفته در محدوده ۴۵ تا ۵۰ درصد می‌باشد. این آنالیزها ترکیب دایک‌ها را در زمره انواع گابرویی قرار می‌دهد. از این رو باید از اصطلاح دایک‌های مافیک - حدواسط صرف نظر کرد و از عبارت صحیح‌تر دایک‌های دیابازی (معادل میکروگابرو) استفاده کرد .

(۳) کانی‌های عمده تشکیل دهنده این دایک‌ها بر طبق مشاهدات میکروسکوپی و مطالعه مقاطع نازک عبارتند از : پلاژیوکلاز - پیروکسن - اپیدوت - اسفن و کانی‌های اوپک مثل مگنتیت و هماتیت.

(۴) بررسی فابریک‌های مغناطیسی نمونه‌های گرفته شده از دایک‌ها و تفسیر پارامترهای K_1 و K_2 و K_3 در نهایت مشخص شد که الگوی جایگزینی و توزیع مذاب در دایک‌ها بیشتر از الگوی توزیع افقی در راستای شمال شرق - جنوب غرب پیروی کرده است. در واقع بیشتر توزیع ماگما در فضاهای خالی

ایجاد شده در حین صعود در تراز کم شیب افقی با شیب کم صورت گرفته و تنها در دو ایستگاه ماگما بصورت تقریباً قائم تزریق شده است.

۵) کانی اصلی و غالب عامل رفتار مغناطیسی در این دایک‌ها مگنتیت شناسایی شده است که با توجه به آزمایش‌های AF صورت گرفته این مگنتیت‌ها ریز دانه تشخیص داده شده‌اند، به علاوه با تایید شواهد میکروسکوپی معلوم شد که کانی‌های هماتیت و پیروکسن از نوع اوژیت هم در بروز رفتار مغناطیسی سنگ دخیل هستند.

۶) بررسی مطالعات پالئومغناطیس بر روی این دایک‌ها جهت تعیین عرض دیرین جغرافیایی با توجه به مطالعات قبلی صورت گرفته در ایران نشان داده است که پلیت ایران در زمان ژوراسیک میانی در حوالی عرض ۲۰ درجه شمالی واقع شده است که با یافته‌ها و مطالعات جهانی صورت گرفته بر روی ایران در زمان ژوراسیک کاملاً منطبق و موافق است. از نقطه نظر تکتونیکی در این زمان بیشتر محیط بازشدگی و کششی حکمفرما بوده است که با توجه به مشاهدات صحرایی و مطالعات انجام گرفته بر روی دایک‌های این منطقه این امر نیز تایید می‌گردد.

سپاسگزاری :

(Acknowlegment)

در پایان از تمام کسانی که در طی گذراندن این پایان نامه همکاری لازم را با این جانب داشته‌اند سپاسگزاری می‌کنم. از مسوولین دانشگاه صنعتی شاهرود آقایان دکتر حبیب الله قاسمی و دکتر محمود صادقیان به خاطر زحمات بسیار جهت احداث آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود نهایت تشکر و امتنان را دارم. همچنین از آقای دکتر حسین مهدی زاده شهری استاد دانشگاه صنعتی شاهرود به خاطر کمک‌های مالی به دانشکده نهایت تشکر را اعلام می‌دارم. از مقامات محترم پژوهشکده علوم زمین سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور آقایان دکتر جلیل قلمقاش و دکتر محمدرضا قاسمی و همچنین از جناب مهندس کره‌ای ریاست محترم این سازمان کمال تشکر را دارم و امیدوارم که روز به روز در راه پیشرفت زمین شناسی کشور و ارتقای علم دیرینه‌مغناطیس و حمایت از فعالیت‌های علمی دکتر علیمحمدیان گام مثمر ثمر بردارند.

از برادر خانم‌های محترم خود که مشوقان همیشگی من در درس و لحظات پر فراز و نشیب من بوده‌اند آقایان مهران و محمود حکمت شعار کمال تشکر و قدردانی را به جا می‌آورم.

از دو استاد ارزشمند و گرانقدر دوره کارشناسی خود در دانشگاه تربیت معلم تهران آقایان دکتر عزیزالله حبیبی و دکتر صدرالدین امینی که همیشه یارو یاور من بودند یاد می‌کنم و آرزوی سلامتی و بهروزی برای آنان در تمام مراحل زندگی خواهم داشت.

از محبت‌ها و کمک‌های بی‌دریغ همسر و پدر بزرگوام و آقای دکتر حمید وحید که در راه موفقیت اینجانب همیشه آماده و همراه بوده‌اند صمیمانه تشکر و سپاسگزاری می‌کنم.

در پناه حضرت حق باشید. محسن چکنی مقدم - ۱۳۹۱/۶/۲۰

پیوست ۱

پارامترهای مغناطیسی اندازه‌گیری شده برای کلیه ایستگاه‌های مغزه‌برداری.

Name	X(UTM)	Y(UTM)	Km	P	T	K1dec	K1inc	K3dec	K3inc
B1-A3	415419	3985838	912	1.014	-0.007	79.7	23.4	318.6	50
B1-A5	415419	3985838	955	1.017	-0.006	68.4	16.1	320.9	46.3
B1-B1	415419	3985838	926	1.021	0.459	56.3	11.8	307.8	56.6
B1-B2	415419	3985838	895	1.017	0.588	216.5	2.2	310	57.8
B1-C1	415419	3985838	700	1.016	0.264	81.4	10.3	344.7	32.9
B1-C4	415419	3985838	661	1.039	0.066	88.7	44.6	233	39.5
B1-C5	415419	3985838	716	1.024	-0.578	81	27.1	228.3	58.7
B1-D1	415419	3985838	731	1.027	0.074	12.3	13.6	257.9	59.6
B1-D2	415419	3985838	680	1.026	-0.362	24.6	13.5	277.4	51
B1-D4	415419	3985838	630	1.03	-0.419	18	10.1	263.8	66.4
B1-D5	415419	3985838	669	1.038	-0.361	16.5	15	193.8	75
B1-E1	415419	3985838	730	1.019	-0.044	264	13.9	123.4	72.2
B1-E2	415419	3985838	690	1.021	-0.127	248.9	19.7	5.9	51.8
B1-E4	415419	3985838	632	1.025	0.048	270.4	2.2	2.6	44.3
B1-E4	415419	3985838	632	1.029	0.278	254.3	19	8.7	50.1
B1-F3	415419	3985838	798	1.046	0.792	184.1	86.8	334.6	2.8
B1-F4	415419	3985838	829	1.022	0.217	76.3	16.7	345.9	1.1
B1-G1	415419	3985838	9006	1.041	0.108	249.6	76.2	92.2	12.7
B1-G2	415419	3985838	8579	1.041	0.335	261.3	74.2	80.7	15.8
B1-G3	415419	3985838	8473	1.04	0.169	346.7	79.3	80.3	0.7
B1-H3	415419	3985838	1620	1.037	0.305	341.5	84.3	243.8	0.8
B1-H4	415419	3985838	17080	1.035	0.246	315.5	82.9	66.5	2.6
B1-H5	415419	3985838	15864	1.039	0.399	309.7	81.1	50.9	1.7
B1-I2	415419	3985838	5008	1.039	-0.407	327.3	18.9	62.4	14.5
B1-I3	415419	3985838	7125	1.036	-0.294	324.6	21.2	59.9	13.3
B1-J1	415419	3985838	734	1.015	0.096	70.9	9.6	333	39.1
B1-J2	415419	3985838	649	1.012	-0.14	240.9	6.9	336	36.3
B1-K2	415419	3985838	660	1.007	-0.269	85.9	8.3	349.2	38.6
B1-K3	415419	3985838	702	1.006	-0.486	43.9	8.3	309	30.3

Name	X	Y	Km	P	T	K1dec	K1inc	K3dec	K3inc
B2-A2	421327	3985310	1382	1.016	0.472	230.5	36	104.7	38.9
B2-F2	421327	3985310	761	1.005	0.013	67.1	49.3	235	40.1
B2-G3	421327	3985310	25360	1.035	0.527	138.1	27.7	232	7.4
B2-AY4	421327	3985310	9061	1.026	-0.821	354.9	16.5	103.4	47.1
B2-AY2	421327	3985310	8153	1.025	0.16	221.5	45.9	329.9	17.1
B2-B4	421327	3985310	30428	1.008	0.067	205.2	27.4	51.3	60
B2-F3	421327	3985310	28958	1.034	0.264	183.9	61.9	356.2	27.9
B2-N3	421327	3985310	192	1.061	0.706	17.7	7.8	134.1	73
B2-K2	421327	3985310	8030	1.015	-0.419	134.7	45.6	12.7	27.5
B2-M2	421327	3985310	19762	1.034	0.309	50.6	75.1	233.7	14.9
B2-G2	421327	3985310	16423	1.037	-0.065	93.8	51.4	213.9	21.8
B2-B1	421327	3985310	14036	1.011	0.055	210.4	26.3	73.5	55.9
B2-M3	421327	3985310	15681	1.035	-0.137	30.1	76.4	230.9	12.7
B2-K1	421327	3985310	9020	1.017	-0.611	124.7	52.6	338.8	32.4
B2-D1	421327	3985310	10017	1.014	0.423	204.3	0.2	114.1	58.2
B2-D2	421327	3985310	12736	1.013	-0.019	6.4	9.5	107.4	48.7
B2-B2	421327	3985310	24819	1.017	-0.329	189.3	26.1	59	52.9
B2-A2	421327	3985310	18408	1.012	0.506	215.1	27.9	101.2	37.5
B2-H3	421327	3985310	5845	1.025	-0.195	257.4	35.5	1.6	19
B2-B3	421327	3985310	28340	1.013	-0.205	182.8	26.7	69.8	37.9
B2-J1	421327	3985310	8829	1.027	-0.303	71.3	50.3	217.5	34.6
B2-J2	421327	3985310	9239	1.022	-0.826	231.8	16.1	345.3	54.1
B2-AY2	421327	3985310	9679	1.018	-0.624	356.4	11	255.1	45.3
B2-AY1	421327	3985310	8640	1.02	-0.709	6.2	6.3	103.1	47.5
B2-L1	421327	3985310	3784	1.006	-0.671	321.7	13.8	59.6	29.1
B2-L2	421327	3985310	3801	1.007	-0.515	329.6	3.7	62	32.7
B2-L3	421327	3985310	3236	1.006	-0.789	341	4	233.5	77
B2-C2	421327	3985310	26079	1.019	-0.245	176.5	49.6	34.7	33.8
B2-F4	421327	3985310	670	1.005	-0.323	46.3	48.2	291	20.8
B2-C3	421327	3985310	2389	1.023	0.163	170.5	47.3	20.7	38.6
B2-F2	421327	3985310	11052	1.031	0.405	163.8	69.1	343.8	20.9
B2-C1	421327	3985310	19526	1.007	0.074	58.1	11.1	322.1	27.8
B2-AY3	421327	3985310	10246	1.024	0.51	235.9	51.1	344.8	14.6
B2-H2	421327	3985310	7295	1.024	0.067	264.2	34.5	7.3	18.2
B2-C1	421327	3985310	14793	1.015	-0.328	185.9	48.1	19.1	41.2
B2-G4	421327	3985310	17344	1.031	0.747	142.9	23.3	235.6	6.2
B2-M1	421327	3985310	14926	1.032	0.231	46.9	79.4	231.7	10.6
B2-F1	421327	3985310	759	1.005	-0.603	47	50.9	276	28.1
B2-F4	421327	3985310	1013	1.016	0.274	196.4	41.5	329.2	37.5
B2-C3	421327	3985310	2876	1.032	0.123	190	43	87	65

Name	X	Y	Km	P	T	K1dec	K1inc	K3dec	K3inc
B2-H1	421327	3985310	7224	1.024	0.06	254.9	40.9	6.4	22.9
B2-A3	421327	3985310	15983	1.011	0.637	210.5	19.7	103	40.1
B2-G1	421327	3985310	11801	1.029	0.323	118.3	18	217	25.1
B2-O2	421327	3985310	250	1.062	0.758	21.8	1.5	115	64.3
B3-A1	420743	3986223	17764	1.04	-0.443	335.5	6.1	79.9	66.8
B3-A2	420743	3986223	15769	1.04	-0.477	335.1	5.2	80.5	71.3
B3-A3	420743	3986223	18302	1.041	-0.476	166.2	3.4	73.4	40
B3-AY1	420743	3986223	19765	1.038	-0.51	334.9	15.1	114.8	70.6
B3-AY2	420743	3986223	18969	1.04	-0.513	343.2	7.6	103.5	75.1
B3-AY3	420743	3986223	19215	1.041	-0.332	348.6	5.2	95.2	72.4
B3-AY4	420743	3986223	2152	1.034	-0.395	341.3	8.1	90.4	66.4
B3-B1	420743	3986223	17496	1.038	-0.375	160.8	1.6	265.6	83.6
B3-B2	420743	3986223	15590	1.039	-0.279	169.5	1.3	271	83.6
B3-B3	420743	3986223	14942	1.039	-0.352	177	2	277.5	78.9
B3-C1	420743	3986223	21835	1.037	-0.384	0.7	17.1	122.2	59.5
B3-C2	420743	3986223	22280	1.035	-0.273	354.6	15.9	106.8	52.9
B3-C3	420743	3986223	23321	1.036	-0.79	179.4	0.8	273.6	80
B3-C4	420743	3986223	21641	1.034	-0.48	1.9	14.2	113.1	55
B3-D1	420743	3986223	18679	1.043	-0.039	342.4	5.3	156.7	84.7
B3-D2	420743	3986223	24609	1.039	-0.184	350.5	7.9	155.2	81.8
B3-D3	420743	3986223	26142	1.047	-0.043	349.2	10.4	187.5	79.1
B3-E1	420743	3986223	17605	1.047	-0.272	353.5	0.8	102.4	87.5
B3-E2	420743	3986223	22650	1.045	-0.24	352.6	1.9	91.4	77.6
B3-E3	420743	3986223	18547	1.05	-0.217	341.6	5	105.2	80.9
B3-F1	420743	3986223	14124	1.038	0.032	7.4	18.1	136.9	62.8
B3-F2	420743	3986223	18901	1.034	0.306	358.5	5.5	97.9	59.5
B3-F3	420743	3986223	15183	1.036	0.157	358.3	6.9	99.7	58.5
B3-F4	420743	3986223	12311	1.036	0.116	0.1	18.5	120.6	56.5
B3-G1	420743	3986223	24155	1.037	0.186	358	8.2	114.5	72
B3-G2	420743	3986223	25215	1.035	0.348	350.5	7.3	100.6	69.6
B3-G3	420743	3986223	25188	1.033	0.432	356.2	7.6	104.1	66.5
B3-H1	420743	3986223	15363	1.045	0.008	164.1	2	70.7	59.4
B3-H2	420743	3986223	19276	1.045	-0.027	162.1	3.4	65.9	60.8
B3-H3	420743	3986223	22501	1.047	0.047	336.6	4.2	73.2	57.6
B3-J1	420743	3986223	20183	1.047	-0.143	345.5	4.1	179.5	85.8
B3-J2	420743	3986223	22479	1.042	-0.147	357.7	8.6	134.2	78.2
B3-J3	420743	3986223	14367	1.047	-0.203	353.6	6.4	189.2	83.3
B3-K1	420743	3986223	16793	1.039	-0.471	93.9	10.7	334	69.3
B3-K2	420743	3986223	17229	1.039	-0.497	95.6	10.6	328.3	72.8
B3-K3	420743	3986223	17130	1.041	-0.47	84	6.5	333.9	71.6

Name	X	Y	Km	P	T	K1dec	K1inc	K3dec	K3inc
B3-K4	420743	3986223	12838	1.046	-0.374	80.4	5.7	328.8	74.8
B3-L1	420743	3986223	1172	1.041	-0.093	6.9	14.6	256.8	52.7
B3-L2	420743	3986223	16566	1.035	0.161	4.1	13.2	250.5	59.5
B3-L3	420743	3986223	19626	1.031	0.148	7	8.4	264.3	56.1
B3-M1	420743	3986223	25786	1.047	-0.196	353.6	5	251.3	67.8
B3-M2	420743	3986223	22214	1.047	-0.236	354	7	236.3	75.1
B3-M3	420743	3986223	25822	1.051	-0.269	346.7	5.4	230.3	78
B4-A1	420092	3987059	760	1.02	-0.727	71.1	60.3	167.5	3.6
B4-A2	420092	3987059	735	1.02	-0.484	64.1	60	183.5	15.9
B4-A3	420092	3987059	822	1.019	-0.705	72.9	60.9	188.3	13.5
B4-A4	420092	3987059	713	1.02	-0.496	61.2	62.3	192.5	19.1
B4-B1	420092	3987059	1111	1.046	0.684	224.7	60.1	4	23.5
B4-B2	420092	3987059	19383	1.059	0.459	221.6	52.2	347.4	24.4
B4-B3	420092	3987059	6626	1.039	0.454	230.7	56.8	347.5	16.4
B4-C1	420092	3987059	4253	1.028	0.439	94.7	37.1	355.1	12.5
B4-C2	420092	3987059	5092	1.031	0.004	106.5	44.3	359.5	16.7
B4-C3	420092	3987059	18242	1.036	0.502	116.2	53.8	4.7	15
B4-D3	420092	3987059	812	1.02	0.131	334.9	5	241.2	36.1
B4-E1	420092	3987059	5277	1.016	0.078	174.1	15.7	337.8	73.7
B4-E2	420092	3987059	4127	1.019	0.127	192.7	25.2	20.4	64.6
B4-E3	420092	3987059	11487	1.032	0.498	198.5	28.7	11.3	61.1
B4-E4	420092	3987059	7204.	1.017	0.47	212.6	21.8	0.6	64.8
B4-F1	420092	3987059	6406	1.047	0.382	239.6	13.7	335.8	23.9
B4-F2	420092	3987059	1554	1.031	0.261	253.1	17	346.9	12.3
B4-F3	420092	3987059	2452	1.032	0.508	84.7	5.6	352	25.7
B4-F4	420092	3987059	9867	1.054	0.27	80.5	10	344.9	29.1
B4-G1	420092	3987059	9544	1.034	0.083	117.2	37.5	359.8	30.9
B4-G2	420092	3987059	11465	1.039	0.209	115.9	40.8	357.7	28.7
B4-G3	420092	3987059	11092	1.04	0.021	118.5	40	0.1	29.6
B4-G4	420092	3987059	9444	1.04	0.009	115.6	37.2	357.5	31.8
B4-H1	420092	3987059	7181	1.051	0.584	264.2	19.8	2.8	22.5
B4-H2	420092	3987059	16023	1.055	0.649	261.7	27.1	1.5	18.3
B4-H3	420092	3987059	6240	1.051	0.619	217.7	69.5	349.3	13.9
B4-H4	420092	3987059	13192	1.045	0.547	112.4	57.8	355.7	15.8
B4-I1	420092	3987059	3785	1.013	0.643	82.3	22.9	342.5	21.9
B4-I2	420092	3987059	12752	1.038	0.318	62	8.9	330.7	7.9
B4-I3	420092	3987059	9787	1.024	0.793	247	9.1	338.1	6.6
B4-I4	420092	3987059	7061	1.023	0.776	255.1	10.9	347.3	11.2
B4-J2	420092	3987059	1179	1.006	-0.183	140.2	68.2	254.2	9.3
B4-K1	420092	3987059	2424	1.008	0.37	257.1	24.1	347.4	0.6

Name	X	Y	Km	P	T	K1dec	K1inc	K3dec	K3inc
B4-K2	420092	3987059	1734	1.007	0.582	245.6	49.9	148.2	6.2
B4-K3	420092	3987059	2013	1.009	0.2	270.2	61.3	176.6	2
B4-K4	420092	3987059	2453	1.013	0.376	257.8	20.2	165.1	7.4
B4-M1	420092	3987059	819	1.006	0.133	160.9	22.8	256	11.9
B4-N1	420092	3987059	12184	1.035	0.049	256.6	68.3	10.7	9.2
B4-N2	420092	3987059	13059	1.032	0.162	257.3	67	6	7.8
B4-N3	420092	3987059	12110	1.029	0	271.8	64.3	26	11.2
B4-N4	420092	3987059	11339	1.028	0.103	274.1	56	24.1	13
B5-N2	419805	3986775	16472	1.067	0.53	222.6	18.6	321.4	24.3
B5-A3	419805	3986775	1648	1.059	0.583	224.6	45.1	329.8	14.7
B5-D4	419805	3986775	7407	1.035	0.251	231.3	51.2	341.5	15.5
B5-N3	419805	3986775	16384	1.052	0.298	48.3	1.6	317.7	19.2
B5-E2	419805	3986775	17100	1.075	0.404	228.4	44.3	343.5	23.5
B5-D2	419805	3986775	8400	1.037	0.221	218.4	49.1	324.4	13.5
B5-A1	419805	3986775	9717	1.056	0.215	231.2	35.2	329.5	11.6
B5-B2	419805	3986775	14327	1.06	0.666	245.5	51	342.1	5.3
B5-G3	419805	3986775	8794	1.044	-0.275	220.3	60.3	328.6	10.1
B5-E5	419805	3986775	1523	1.082	0.675	230.5	40.9	334.5	15.6
B5-H1	419805	3986775	10808	1.078	0.591	229.6	58.4	333	8.1
B5-H2	419805	3986775	15893	1.09	0.629	228.4	51.9	334	11.9
B5-I4	419805	3986775	10306	1.063	0.615	217.2	58.9	337.1	16.8
B5-AY2	419805	3986775	16390	1.067	0.574	161.4	75.6	320.2	13.5
B5-A2	419805	3986775	15856	1.073	0.511	217.4	56.8	325.6	11.6
B5-C3	419805	3986775	4847	1.038	-0.165	226.6	52.7	351.5	23.5
B5-B3	419805	3986775	1446	1.054	0.552	243.3	58.2	337.7	2.7
B5-F1	419805	3986775	10903	1.049	0.58	229	65.4	326.4	3.4
B5-K3	419805	3986775	20241	1.087	0.46	216.6	64	330.8	11.3
B5-D1	419805	3986775	10953	1.037	0.239	234.1	59	342.5	10.7
B5-F3	419805	3986775	10811	1.058	0.754	212.2	63.8	323.5	10.1
B5-C4	419805	3986775	5509	1.039	-0.299	241	47.1	356.2	21.6
B5-K1	419805	3986775	14399	1.066	0.905	74.7	20.3	336.3	21.6
B5-J4	419805	3986775	20862	1.078	0.484	232.7	34.3	330.2	10.8
B5-E4	419805	3986775	23517	1.095	0.487	230.9	45.1	336.2	14.7
B5-K2	419805	3986775	15417	1.071	0.671	237.8	37	341.9	17.9
B5-AY3	419805	3986775	13599	1.055	0.768	190.4	67.4	332.6	18.2
B5-C1	419805	3986775	5116	1.04	-0.155	221.4	48.1	349.3	28.9
B5-L2	419805	3986775	269	1.06	0.371	42.5	22.9	287	45.6
B5-E1	419805	3986775	15509	1.074	0.773	233	40	337.9	17
B5-G2	419805	3986775	6580	1.042	-0.283	219	61.8	322.6	7.2
B5-O2	419805	3986775	9493	1.048	0.515	212.8	19.4	311.3	22.8

Name	X	Y	Km	P	T	K1dec	K1inc	K3dec	K3inc
B5-H3	419805	3986775	17022	1.084	0.619	234.1	57.6	333.8	6.1
B5-L4	419805	3986775	253	1.047	0.575	46.1	31.3	285	40.4
B5-J2	419805	3986775	14560	1.069	0.548	239.9	2.1	330.3	9.9
B5-L1	419805	3986775	200	1.056	0.646	77.8	33.2	281.4	54.4
B5-D3	419805	3986775	8415	1.035	0.283	222.9	53.1	337.8	17.6
B5-P2	419805	3986775	16602	1.057	0.61	243.7	12.5	338.5	20.8
B5-P1	419805	3986775	9171	1.052	0.303	228.1	35.1	330.9	17.5
B5-J4	419805	3986775	9604	1.05	-0.448	244.9	56.6	347.5	8.2
B5-E3	419805	3986775	25420	1.09	0.335	226.7	59.7	338.7	12.3
B5-J1	419805	3986775	15609	1.063	0.288	70.9	1	340.8	4.3
B5-F2	419805	3986775	1347	1.064	0.729	232.6	58	332.5	6.1
B5-B1	419805	3986775	9706	1.052	0.497	246.6	46.1	343.5	6.6
B5-C4	419805	3986775	11363	1.066	0.431	219.4	71.3	23.6	18
B5-C2	419805	3986775	4455	1.034	-0.443	231.4	51.4	355.3	24
B5-O4	419805	3986775	5040	1.029	0.247	216	34.5	318	16.8
B5-O3	419805	3986775	7060	1.04	0.841	214.4	39.6	324.1	22.2
B5-J3	419805	3986775	17990	1.078	0.233	228.2	36	326.9	11.7
B5-O1	419805	3986775	6272	1.038	0.545	213.4	39.6	322.1	21.2
B5-N1	419805	3986775	6836	1.042	0.35	221.5	22	324	28.2
B5-P3	419805	3986775	11388	1.051	0.445	225	44.8	333.2	17.4
B5-AY1	419805	3986775	11265	1.061	0.494	210.7	58	330.9	17.4
B5-B4	419805	3986775	13561	1.058	0.522	238.2	54.6	333.9	4
B6-F3	420235	3987863	12517	1.014	-0.033	213.6	6.8	343.3	79.4
B6-G2	420235	3987863	22408	1.035	0.394	253.5	12.4	354.5	41.1
B6-F2	420235	3987863	16254	1.009	-0.86	213.7	1.1	308.4	76.6
B6-C2	420235	3987863	13481	1.037	0.32	243.7	27.9	346.9	23.5
B6-F2	420235	3987863	1624	1.01	-0.724	214.2	1.6	9.4	88.2
B6-E2	420235	3987863	18815	1.015	-0.175	346.6	13.1	81.3	19.6
B6-H4	420235	3987863	26240	1.036	0.291	245.2	11.2	340.6	25.5
B6-H1	420235	3987863	18814	1.035	0.401	73.1	0.8	342.5	36.8
B6-H2	420235	3987863	2028	1.034	0.152	247.2	0.7	337.6	28.9
B6-G1	420235	3987863	19277	1.038	0.613	249.7	9.7	347.7	39.3
B6-A3	420235	3987863	15523	1.013	0.19	174.2	3.8	68.1	76.5
B6-F1	420235	3987863	11225	1.013	-0.79	203.2	8.9	66.5	77.9
B6-C3	420235	3987863	13648	1.04	0.343	241.1	39.2	348.4	20
B6-C1	420235	3987863	11873	1.04	0.464	223.3	44.4	343.4	27.1
B6-D3	420235	3987863	10561	1.024	0.222	317.5	77.2	175.8	10.1
B6-H4	420235	3987863	2842	1.04	0.23	243	28.7	350.1	28.2
B6-B1	420235	3987863	3107	1.015	0.151	352.5	5.5	183.1	84.4
B6-E1	420235	3987863	10437	1.021	-0.159	176.5	0	266.5	73.7

Name	X	Y	Km	P	T	K1dec	K1inc	K3dec	K3inc
B6-I2	420235	3987863	16031	1.029	0.718	79.3	14.7	334.6	44.1
B6-I4	420235	3987863	27685	1.033	0.883	135.4	48.4	334	40
B6-A2	420235	3987863	17287	1.013	0.357	183.5	11.2	70.3	63.4
B6-G3	420235	3987863	24446	1.032	0.449	253.7	13.2	355.7	41.8
B6-D2	420235	3987863	13861	1.028	0.14	271.7	67.5	166.7	6.1
B6-B2	420235	3987863	5514	1.019	0.264	165.8	3.2	45.6	83.7
B6-D1	420235	3987863	16500	1.029	0.406	317.5	72.1	172.4	14.8
B6-E3	420235	3987863	5417	1.02	-0.189	2.5	1.3	99.7	79.5
B6-A1	420235	3987863	15515	1.012	0.318	342.5	0.5	73.6	67.7
B6-G4	420235	3987863	2471	1.03	0.397	254.7	21.4	359.2	32.6
B6-I3	420235	3987863	21614	1.033	0.703	83.1	15.9	329.8	54.3
B6-AY	420235	3987863	13029	1.026	0.654	85.3	15	337.6	48.7
B7-AY1	419722	3987957	15449	1.063	0.108	70.9	1.5	339.2	48
B7-H3	419722	3987957	5657	1.027	0.884	258.3	21.2	138	52.4
B7-D1	419722	3987957	9386	1.053	0.628	277.7	52	16.3	6.7
B7-AY3	419722	3987957	11988	1.055	0.216	80	5.6	346.8	29.2
B7-E1	419722	3987957	19735	1.055	0.236	259.9	13	0.4	38.2
B7-AY4	419722	3987957	11473	1.049	0.149	72.1	4.8	339	33.1
B7-AY5	419722	3987957	8943	1.047	0.099	71.9	5.1	339.5	25.5
B7-C1	419722	3987957	802	1.014	0.807	349.5	19.1	223.6	59.4
B7-D2	419722	3987957	23119	1.075	0.579	270.6	26.9	6.3	11
B7-J1	419722	3987957	1113	1.033	-0.004	335.9	50.6	89.2	18
B7-K4	419722	3987957	7729	1.043	0.173	167.3	12.4	279.1	59.4
B7-H2	419722	3987957	7920	1.039	0.221	3.9	30.2	132.1	46.8
B7-B1	419722	3987957	732	1.014	0.914	134	30.9	292.4	57.2
B7-K3	419722	3987957	9677	1.048	-0.008	160.1	6.9	259.7	54.2
B7-J3	419722	3987957	1079	1.035	0.08	330.6	54.4	78.9	12.6
B7-F1	419722	3987957	12147	1.047	0.294	72.1	4.3	340.9	14.7
B7-G2	419722	3987957	14348	1.053	-0.033	50.7	1.7	319.9	25.9
B7-B2	419722	3987957	765	1.015	0.762	163.5	25.2	304.6	58.9
B7-K1	419722	3987957	10756	1.051	-0.046	165.3	10.1	269.2	53.5
B7-B3	419722	3987957	791	1.015	0.664	150.2	27.9	302.4	59.1
B7-K2	419722	3987957	9489	1.054	-0.244	156	4.6	251.9	51.9
B7-A1	419722	3987957	824	1.018	0.724	51.8	11.9	289.4	68.6
B7-E4	419722	3987957	20658	1.057	0.229	266.6	5.1	359.4	28
B7-AY2	419722	3987957	14527	1.059	0.013	74	6.6	337.2	45.5
B7-D3	419722	3987957	2360	1.071	0.715	288.3	28.2	21.4	5.9
B7-H1	419722	3987957	7716	1.04	0.182	8.6	26.2	129.1	45.9
B7-A3	419722	3987957	666	1.017	0.736	40.3	4.8	277.5	81.2
B7-F2	419722	3987957	11898	1.046	0.374	73.3	9.6	340.7	15.2

Name	X	Y	Km	P	T	K1dec	K1inc	K3dec	K3inc
B7-F4	419722	3987957	11591	1.045	0.408	75.2	2	344.5	19
B7-C2	419722	3987957	762	1.016	0.909	48.5	28.8	222.3	61
B7-A2	419722	3987957	700	1.017	0.599	57.5	8.4	299.8	72.3
B7-F3	419722	3987957	11786	1.045	0.301	72.7	2.7	341.7	19
B7-C3	419722	3987957	809	1.015	0.884	73.9	26.3	226.5	60.8
B7-G1	419722	3987957	12516	1.048	0.329	66.5	2.6	335.5	20.4
B7-D4	419722	3987957	29858	1.069	0.565	272.2	37.2	10.5	10.8
B7-E2	419722	3987957	21271	1.053	0.143	265.8	6.5	359.6	29.9
B7-G3	419722	3987957	8541	1.023	0.691	57.7	1.6	327.2	19.5
B7-J4	419722	3987957	1130	1.034	-0.052	329.2	59.5	72.6	7.8
B7-H4	419722	3987957	5873	1.026	0.814	22	12.4	132.2	57.5
B7-J2	419722	3987957	1043	1.035	0.066	331	48.6	63.8	2.4
B8-B3	422151	3985625	923	1.109	0.695	32.2	33.1	130.5	12.4
B8-B4	422151	3985625	951	1.133	-0.272	247.5	44.2	140.5	16.7
B8-C1	422151	3985625	14343	1.022	0.292	18.8	12.8	119.7	39.7
B8-C2	422151	3985625	20050	1.025	0.087	341.7	27	98.6	41.6
B8-C3	422151	3985625	17405	1.026	0.244	348.6	15.5	87.8	30
B8-C4	422151	3985625	16974	1.032	0.275	335.7	23.4	78.1	26.2
B8-D2	422151	3985625	1242	1.03	0.064	50.5	13.9	154.8	44.9
B8-D3	422151	3985625	13544	1.035	0.228	39	9.2	139.3	47.7
B8-D4	422151	3985625	10116	1.03	0.608	47.3	5	145.1	57.2
B8-E1	422151	3985625	15177	1.034	0.539	4.5	9.2	102.9	42
B8-E2	422151	3985625	15410	1.042	0.221	19.2	15.9	133.9	55.7
B8-E3	422151	3985625	8579	1.039	0.412	16.5	11.6	121.2	51
B8-F1	422151	3985625	13794	1.034	0.357	25.8	19.6	138.5	47.3
B8-F2	422151	3985625	12191	1.041	0.326	15.3	24	135.3	48.4
B8-F3	422151	3985625	13587	1.041	0.228	13.9	15.8	121.7	47.2
B8-F4	422151	3985625	14080	1.043	-0.058	8.3	22.4	130.4	52.3
B8-F5	422151	3985625	14344	1.044	0.107	11.7	25.1	135.8	50.1
B8-G1	422151	3985625	8387	1.025	-0.122	236.9	4.9	131.2	72.4
B8-G2	422151	3985625	9970	1.027	-0.067	48.9	10.7	161.5	63.9
B8-G3	422151	3985625	11190	1.036	-0.001	45.8	12.5	159.7	61.4
B8-G4	422151	3985625	9200	1.03	0.316	37	12.7	152	61.9
B8-H1	422151	3985625	15850	1.025	0.364	96.6	1.5	191.2	71.3
B8-H2	422151	3985625	22575	1.031	0.09	287.8	5.4	185.7	65.8
B8-H3	422151	3985625	20555	1.029	-0.221	276.5	4.4	177.5	63.5
B8-H4	422151	3985625	19510	1.026	0.32	82.2	7.7	189.1	65
B8-H5	422151	3985625	1260	1.026	0.526	56.6	10.1	181.7	72.9
B8-I1	422151	3985625	18098	1.025	-0.142	272.5	0.6	181.4	61.4
B8-I2	422151	3985625	20655	1.024	-0.041	273.3	7	165.4	68.4

Name	X	Y	Km	P	T	K1dec	K1inc	K3dec	K3inc
B8-I3	422151	3985625	20798	1.032	0.359	65.6	18.3	199.4	64.4
B8-I4	422151	3985625	14838	1.024	0.11	260.1	3.5	165.4	53.5
B8-J1	422151	3985625	15560	1.024	0.581	358.8	14.3	170	75.5
B8-J2	422151	3985625	13619	1.028	0.819	11.5	22.6	211	66.2
B8-J3	422151	3985625	12304	1.033	0.21	356.5	11.6	234.3	69
B8-J4	422151	3985625	10840	1.022	0.144	344.3	11.4	225.2	67.5
B8-K1	422151	3985625	14374	1.022	0.648	83.8	8.2	206.1	74.9
B8-K2	422151	3985625	14720	1.02	0.796	337.7	11.8	178.2	77.4
B8-K3	422151	3985625	17733	1.024	0.515	299.4	9.2	168.3	76.2
B8-K4	422151	3985625	15688	1.027	0.571	280.2	2.8	179.7	75.1
B8-K5	422151	3985625	15719	1.024	0.528	41.7	10.1	189.9	78.2
B9-A1	422233	3986287	1002	1.007	0.426	194.4	1.4	104.2	8.4
B9-A2	422233	3986287	1065	1.008	-0.075	358.1	8	89.2	7.7
B9-A3	422233	3986287	1102	1.01	-0.506	357	4.5	87.9	11.5
B9-A4	422233	3986287	887	1.011	-0.32	358.3	8.2	89.3	7.2
B9-A5	422233	3986287	894	1.012	-0.374	352.1	14.9	84	7.3
B9-AY	422233	3986287	821	1.004	-0.305	234.1	41.3	352.6	28.5
B9-AY	422233	3986287	743	1.004	-0.609	211.3	54.7	15.5	34.2
B9-B1	422233	3986287	1023	1.007	-0.149	4.6	15.4	273.9	2.7
B9-B2	422233	3986287	1101	1.008	0.124	8.9	10	277.6	6.9
B9-B3	422233	3986287	1114	1.009	-0.129	7.8	1.4	277.7	3.6
B9-B4	422233	3986287	1107	1.009	-0.01	359.2	10	268.4	4.8
B9-C1	422233	3986287	919	1.005	-0.224	20.2	9.7	289.5	3.8
B9-C2	422233	3986287	1017	1.007	-0.32	17.8	2	107.8	1.8
B9-C3	422233	3986287	1042	1.009	0.226	27.5	3.1	117.7	2.5
B9-C4	422233	3986287	1054	1.009	-0.346	15	0.4	285	0.2
B9-C5	422233	3986287	984	1.009	-0.31	21.2	5.6	289.9	13
B9-D1	422233	3986287	1055	1.008	-0.174	5.4	11.2	97.9	12.3
B9-D2	422233	3986287	1137	1.01	-0.379	16.7	1	107.1	19.4
B9-D3	422233	3986287	959	1.01	-0.447	189.8	5.6	85	69.1
B9-D4	422233	3986287	1047	1.009	-0.026	8.2	5.6	99.4	12
B9-E1	422233	3986287	954	1.01	0.295	205.2	34.7	297.5	3.3
B9-E2	422233	3986287	1035	1.017	0.356	195.5	15.5	289.1	12.8
B9-E3	422233	3986287	1034	1.007	0.307	0.1	2.1	90.4	7.5
B9-E4	422233	3986287	875	1.007	0.103	196.3	8.9	102.1	25.1
B9-F1	422233	3986287	917	1.005	0.348	247.6	36.1	3.7	31.1
B9-F2	422233	3986287	943	1.005	0.116	252.2	33	3.4	29.1
B9-F3	422233	3986287	914	1.005	0.082	255.7	21.7	0.4	32.7
B9-F4	422233	3986287	844	1.005	0.24	193.8	59.5	332.4	23.9
B9-G1	422233	3986287	859	1.004	-0.489	183.8	2	82.9	79.3

Name	X	Y	Km	P	T	K1dec	K1inc	K3dec	K3inc
B9-G2	422233	3986287	877	1.004	-0.307	189.3	18.7	91.2	22.8
B9-G3	422233	3986287	833	1.004	-0.233	188.9	36.1	82.5	21.2
B9-G4	422233	3986287	742	1.003	-0.611	192.9	21.2	328.5	61.5
B9-H1	422233	3986287	789	1.004	-0.117	214.9	19.4	109	37.9
B9-H2	422233	3986287	886	1.005	0.7	246.7	17.9	125.5	58
B9-H3	422233	3986287	912	1.004	-0.003	278.2	39.1	65	45.8
B9-H4	422233	3986287	882	1.004	0.139	265.1	39.1	48.4	44.6
B9-I2	422233	3986287	835	1.003	-0.305	204.6	37.2	57.4	47.9
B9-I3	422233	3986287	847	1.004	0.201	186.1	40.3	18	49.1
B9-J1	422233	3986287	880	1.001	-0.512	340.6	8.3	122.2	79.4
B9-J2	422233	3986287	905	1.004	0.482	224.8	39.3	116.4	21.1
B9-J3	422233	3986287	840	1.004	-0.092	205.8	31.1	102.4	20.9
B9-J4	422233	3986287	870	1.004	0.341	205.1	13.3	111.8	13.7
B9-J5	422233	3986287	874	1.002	-0.635	177.9	46.9	3.7	42.9
B9-K1	422233	3986287	749	1.002	0.306	187.5	12.9	91.2	25.6
B9-K2	422233	3986287	904	1.002	-0.029	201.8	12.3	110.6	5.5
B9-K3	422233	3986287	877	1.003	-0.26	197.2	26.1	97.4	19.3
B9-K5	422233	3986287	958	1.005	0.017	217.1	9.3	121.6	30.5
B10-A1	422659	3984611	1150	1.027	-0.587	311.1	27.8	63.3	35.6
B10-A2	422659	3984611	1363	1.024	-0.904	315.5	23.8	112.5	64.4
B10-A3	422659	3984611	13142	1.023	0.049	325.5	20.3	70.4	34.7
B10-A4	422659	3984611	16422	1.017	-0.433	327.6	24.3	77.7	37.4
B10-I 1	422659	3984611	13862	1.029	0.22	167.8	43.9	46.3	28.5
B10-B1	422659	3984611	11188	1.01	-0.185	305.6	21.8	76.1	58.4
B10-B2	422659	3984611	14769	1.015	-0.445	311.5	12.9	68.9	63.6
B10-B3	422659	3984611	11346	1.014	-0.425	286.8	5.6	165.7	79.2
B10-B3	422659	3984611	11340	1.015	-0.378	289.1	6	147.9	82.3
B10-B4	422659	3984611	12630	1.016	-0.111	295.7	49.1	72.4	32.3
B10-C1	422659	3984611	13199	1.044	-0.12	324.8	10.2	60.8	30.2
B10-C2	422659	3984611	15200	1.039	-0.115	151.7	4.4	60	20.3
B10-C3	422659	3984611	14621	1.035	-0.55	332.6	12.6	70.4	31.2
B10-C4	422659	3984611	14427	1.035	-0.419	150.7	2.8	59.7	19
B10-C5	422659	3984611	15079	1.038	-0.306	150.5	4.3	56.9	39.5
B10-D1	422659	3984611	12589	1.037	0.046	328.5	8	60.9	16.6
B10-D2	422659	3984611	9744	1.033	-0.227	148.9	8.8	56.5	15.1
B10-D3	422659	3984611	15128	1.039	-0.805	335.1	3.7	66.3	17.1
B10-D4	422659	3984611	12879	1.038	-0.696	149	6	55.7	29.5
B10-D5	422659	3984611	13039	1.033	-0.461	152.3	14.4	44.4	50.2
B10-E1	422659	3984611	8881	1.022	0.34	297.1	19.6	101.2	69.6
B10-E2	422659	3984611	1171	1.022	0.528	304.7	4.2	82.1	84.3

Name	X	Y	Km	P	T	K1dec	K1inc	K3dec	K3inc
B10-E3	422659	3984611	12446	1.02	0.073	106.4	0.5	205.9	87.3
B10-E4	422659	3984611	8518	1.021	0.321	268.7	6.7	121.5	82
B10-E5	422659	3984611	8778	1.016	0.168	271.1	9.8	123.8	78.4
B10-F1	422659	3984611	10844	1.02	-0.741	316.1	30.3	84	46.5
B10-F2	422659	3984611	11462	1.022	-0.625	306.7	15.7	162.2	70.9
B10-F3	422659	3984611	9206	1.021	-0.835	322	23.8	65.7	28.3
B10-F4	422659	3984611	9271	1.019	-0.254	330.6	14.3	67.8	26
B10-G1	422659	3984611	6475	1.026	-0.851	305.6	37.9	138.2	51.4
B10-G3	422659	3984611	6454	1.018	-0.278	306.1	32.9	190.9	33.3
B10-G4	422659	3984611	7390	1.025	-0.745	302.5	24.1	71.8	54.8
B10-H1	422659	3984611	12155	1.008	0.609	36.7	1.4	303.8	63.7
B10-H2	422659	3984611	1208	1.007	-0.697	170.1	2.5	261	20.9
B10-H3	422659	3984611	12984	1.012	-0.199	2.4	28.3	241.5	43.7
B10-H3	422659	3984611	12977	1.012	-0.254	358.1	25.9	244.8	39.2
B10-H4	422659	3984611	14161	1.012	0.424	20.2	45.6	245.9	34.3
B10-I2	422659	3984611	16375	1.032	-0.007	333.8	1.7	64.5	21.9
B10-I3	422659	3984611	14402	1.028	0.05	344.5	0.5	74.6	8.9
B10-I4	422659	3984611	16591	1.024	0.152	330.7	6.1	64.3	30.2
B10-J1	422659	3984611	11280	1.02	0.449	336	1.6	66.8	26.6
B10-J2	422659	3984611	14485	1.026	0.386	323.6	10.5	59.1	27.8
B10-J2	422659	3984611	13217	1.021	0.053	157.9	9.2	62.2	31.6
B10-J4	422659	3984611	13782	1.024	0.291	329.7	1.2	61.1	50.4
B10-K1	422659	3984611	11179	1.016	0.087	159.4	5.9	65.8	31.1
B10-K2	422659	3984611	11736	1.018	0.322	161.4	6	66.9	36.6
B10-K3	422659	3984611	13130	1.024	-0.208	324.4	17.5	65.5	31.4
B10-K4	422659	3984611	11378	1.018	0.312	293.8	29.5	66.1	50
B10-K5	422659	3984611	10367	1.019	0.535	314.3	14.3	57.9	42.6
B11-A1	419080	3989160	7344	1.05	0.382	247.5	50.7	349.7	9.8
B11-A2	419080	3989160	8068	1.046	0.575	245.5	42.3	153.7	1.9
B11-A3	419080	3989160	8185	1.046	0.536	234.5	56.7	5.2	23.2
B11-A4	419080	3989160	11720	1.061	0.198	244	39	336	2.5
B11-B1	419080	3989160	3979	1.027	0.405	212.2	72.5	336.8	10.2
B11-B1	419080	3989160	6097	1.031	0.169	213.6	60.8	338	17.5
B11-B2	419080	3989160	4918	1.033	0.008	220.8	62.4	335.5	12.3
B11-B3	419080	3989160	6188	1.031	0.087	237.2	57.5	344.2	10.6
B11-C1	419080	3989160	2305	1.065	0.248	20.8	39.2	115.5	5.7
B11-C2	419080	3989160	2274	1.059	0.285	23.7	43.8	116.2	2.6
B11-C3	419080	3989160	4324	1.032	0.196	24.2	64.2	288.6	2.7
B11-C4	419080	3989160	4497	1.03	-0.052	35.1	80.3	292.7	2.1
B11-D1	419080	3989160	2834	1.079	-0.111	347.8	25.5	81.2	7.1

Name	X	Y	Km	P	T	K1dec	K1inc	K3dec	K3inc
B11-D2	419080	3989160	2570	1.072	-0.518	355.6	26.2	99.4	25.9
B11-E1	419080	3989160	2773	1.087	-0.262	7.3	29	100.3	5.4
B11-E2	419080	3989160	3159	1.079	-0.345	4	27	98.1	8
B11-E3	419080	3989160	2781	1.083	-0.1	0.9	24.5	92.5	3.6
B11-F1	419080	3989160	1018	1.025	-0.797	176.9	77.6	279	2.6
B11-F2	419080	3989160	19619	1.034	-0.187	169.6	69.7	0.8	19.9
B11-F3	419080	3989160	19899	1.029	-0.311	188.8	73.4	7.9	16.6
B11-G1	419080	3989160	14311	1.032	-0.394	200.3	77.3	359.6	11.9
B11-G2	419080	3989160	23567	1.037	-0.405	223.1	74.7	7.2	12.5
B11-G3	419080	3989160	20315	1.036	-0.488	203.7	76.4	3.6	12.8
B11-G4	419080	3989160	12130	1.033	-0.196	208.1	75.3	359.5	13
B11-H1	419080	3989160	779	1.01	0.114	217.7	4.4	111.7	74.5
B11-H2	419080	3989160	986	1.018	-0.357	256.9	36.5	40.3	47.4
B11-H3	419080	3989160	853	1.013	-0.125	285	47.1	79	39.9
B11-I1	419080	3989160	4531	1.013	0.172	318.9	81.1	66.5	2.7
B11-I2	419080	3989160	16629	1.029	0.203	218.4	81.2	15.6	8.1
B11-I3	419080	3989160	15909	1.031	-0.005	197.5	83	23.9	7
B11-I4	419080	3989160	11804	1.029	0.116	208.7	85	21.2	5
B11-J1	419080	3989160	2550	1.013	0.652	355.6	22.5	90.5	11.5
B11-J2	419080	3989160	5596	1.014	-0.483	274.1	83.1	50	5
B11-J3	419080	3989160	4535	1.016	0.073	308.4	81.3	65.4	4
B11-J4	419080	3989160	6525	1.022	0.207	105.4	88	254.3	1.7
B12A2	419493	3985610	599	1.017	-0.085	69.2	3.3	337	34.3
B12A3	419493	3985610	740	1.017	-0.194	247.6	3.8	342.3	51
B12A4	419493	3985610	644	1.014	-0.346	251.6	1.4	342.4	30
B12AY1	419493	3985610	629	1.011	-0.458	204.5	11.5	112	12
B12AY2	419493	3985610	586	1.01	-0.859	191.6	17.9	94.2	21.8
B12AY3	419493	3985610	690	1.01	0.139	43.9	9.3	135.7	11
B12B1	419493	3985610	742	1.026	-0.294	66	11.4	325.2	43.1
B12B1	419493	3985610	693	1.023	-0.191	59.7	7.8	320.9	48.3
B12B2	419493	3985610	637	1.024	-0.397	61.1	8.7	316.1	59.5
B12C1	419493	3985610	704	1.021	-0.484	57.9	12	316.3	43.6
B12C2	419493	3985610	613	1.018	-0.621	62.1	7.1	322.5	53.1
B12C3	419493	3985610	633	1.021	-0.535	37.9	3.1	295.5	76.1
B12C4	419493	3985610	686	1.02	0.149	65.7	9.8	325.5	45.6
B12D1	419493	3985610	681	1.016	-0.317	77.9	3.1	345.8	34.2
B12D2	419493	3985610	634	1.018	-0.508	90	11	344.4	54.2
B12D3	419493	3985610	669	1.021	-0.446	83.5	17.1	317.5	62.4
B12D4	419493	3985610	590	1.032	-0.27	84.2	24.5	245.2	64.2
B12E1	419493	3985610	687	1.02	-0.646	82.6	15.1	339.2	40.6

Name	X	Y	Km	P	T	K1dec	K1inc	K3dec	K3inc
B12E2	419493	3985610	697	1.034	-0.421	90.6	38.3	229.9	43.8
B12E3	419493	3985610	644	1.031	-0.139	84.3	31.2	247.3	57.7
B12E4	419493	3985610	629	1.028	-0.28	63.8	18.7	202	65.6
B12F1	419493	3985610	666	1.027	-0.383	53.1	15.7	293.5	60.4
B12F2	419493	3985610	745	1.028	-0.463	69.3	17.5	290.1	67.4
B12F3	419493	3985610	593	1.026	-0.376	65.1	21.9	290.5	60.2
B12F4	419493	3985610	597	1.033	-0.388	75.8	19.7	298.7	63.9
B12G1	419493	3985610	680	1.027	-0.172	83.1	12.9	330.4	59.4
B12G2	419493	3985610	556	1.026	-0.099	75.8	9.6	327.5	61.7
B12G3	419493	3985610	646	1.029	-0.243	68.8	1.5	333.7	73.4
B12G4	419493	3985610	578	1.017	-0.257	95.5	16.9	344.4	49.8
B12H1	419493	3985610	702	1.015	-0.291	256.1	9.4	2.7	59.9
B12H2	419493	3985610	675	1.01	-0.488	183.5	1.3	92.4	38.5
B12H3	419493	3985610	712	1.013	-0.185	256.1	7.2	357.2	56.9
B12H4	419493	3985610	637	1.011	-0.243	249	4.7	344.5	49.6
B12J1	419493	3985610	601	1.015	-0.077	58.2	12.2	316.1	43.9
B12J2	419493	3985610	625	1.014	-0.469	238.9	3.8	331.7	35.9
B12J3	419493	3985610	692	1.011	-0.376	52.2	4.2	317.6	47.8
B12K1	419493	3985610	630	1.015	-0.487	54.6	0.3	324.1	62.4
B12K3	419493	3985610	691	1.014	-0.47	47.3	8.8	303	57.8
B12L1	419493	3985610	549	1.014	-0.85	253.7	10.1	155.8	37.7
B12L2	419493	3985610	731	1.011	-0.124	78.4	10.3	338.3	44.2
B12L3	419493	3985610	733	1.015	-0.275	252	0.2	342.2	37.3
B12M1	419493	3985610	583	1.015	-0.452	65.7	3.8	332.8	37.4
B12M2	419493	3985610	606	1.015	-0.533	61.2	0.5	330.8	37.7
B12M3	419493	3985610	625	1.016	-0.746	247.8	0.5	338	15.5
B12N1	419493	3985610	686	1.017	-0.695	59.3	9.6	316.7	52
B12N2	419493	3985610	678	1.013	-0.739	61.9	4.1	153.2	17.4
B12N3	419493	3985610	636	1.017	-0.376	57.7	17.4	317.8	28.9
B12N4	419493	3985610	643	1.015	-0.69	250.2	1.7	340.3	4.5
B12O1	419493	3985610	746	1.014	-0.761	72.4	6	331.9	59.9
B12O2	419493	3985610	728	1.013	-0.618	221.3	75.2	349.5	9.3
B12O3	419493	3985610	711	1.016	-0.68	230.7	64.4	341.3	9.5
B12O4	419493	3985610	595	1.015	-0.247	228.9	67.7	340.9	8.8
B13A1	420120	3986875	6642	1.02	-0.65	175.2	10.4	266.1	5
B13A2	420120	3986875	11124	1.016	-0.611	191.8	20.5	292.9	27.3
B13A3	420120	3986875	11344	1.017	-0.679	198.4	9.8	105.3	17.6
B13A4	420120	3986875	8976	1.017	-0.192	185.2	3.6	94.9	4.7
B13AY1	420120	3986875	8250	1.018	-0.247	76.6	7.2	343.5	23.3
B13AY2	420120	3986875	9822	1.016	0.119	80.6	1.9	350.3	7.5

Name	X	Y	Km	P	T	K1dec	K1inc	K3dec	K3inc
B13B1	420120	3986875	13333	1.014	-0.049	68.8	29.1	303.2	46.2
B13B2	420120	3986875	17107	1.015	-0.087	51.1	25.5	303.3	32.7
B13B3	420120	3986875	17186	1.011	0.529	61.8	48.6	282.6	33.7
B13C1	420120	3986875	1307	1.028	0.182	61.1	32.3	330.5	0.8
B13C2	420120	3986875	17142	1.03	0.002	42.3	38.1	137.2	6.2
B13C3	420120	3986875	17453	1.032	0.423	47.5	43.4	307.7	10.3
B13D1	420120	3986875	18770	1.025	0.663	74.5	46	321.6	20.6
B13D2	420120	3986875	27064	1.027	0.431	96.4	51.4	332.1	24.2
B13D3	420120	3986875	24671	1.033	0.133	95.8	27.2	359.6	11.8
B13D4	420120	3986875	24748	1.041	0.137	75.6	33.7	331.8	19.7
B13E1	420120	3986875	20380	1.057	0.496	94.2	46.6	339.5	21.6
B13E2	420120	3986875	18567	1.045	0.599	75	5.9	165	0.3
B13F1	420120	3986875	11211	1.029	0.553	231.5	41	335.6	15.6
B13F2	420120	3986875	19981	1.04	0.495	228.7	59.6	334	8.8
B13F3	420120	3986875	1962	1.038	0.575	238.6	21	334.2	14.4
B13F4	420120	3986875	16281	1.038	0.617	242.2	6.7	149.7	19.8
B13G1	420120	3986875	11662	1.043	0.444	227.7	5.7	317.8	0.9
B13G2	420120	3986875	14947	1.036	0.489	233	14.9	141.5	5.6
B13H1	420120	3986875	16113	1.029	0.282	310.9	22.2	207.1	30.3
B13H2	420120	3986875	16794	1.028	0.712	312.9	22.7	199.7	43.3
B13H3	420120	3986875	14884	1.027	0.069	307.1	19.4	195	46.9
B13H4	420120	3986875	16338	1.031	0.197	293.1	5.1	198.5	41.6
B13J1	420120	3986875	1100	1.035	-0.069	223.4	72.9	37.6	17
B13J2	420120	3986875	1022	1.026	-0.005	217.4	65	56.2	23.8
B13J3	420120	3986875	1014	1.025	-0.245	219.9	65.9	52.3	23.6
B13J4	420120	3986875	1080	1.023	0.018	206.8	65.4	48.4	23.1
B14A1	419955	3987419	1588	1.104	0.573	46.8	68	275	15
B14A2	419955	3987419	1246	1.099	0.57	42.8	63	281.3	14.9
B14AY2	419955	3987419	20512	1.059	-0.382	37.7	56.6	140.6	8.3
B14B2	419955	3987419	1358	1.087	0.792	72.3	83.3	217	5.5
B14B3	419955	3987419	1171	1.082	0.729	330	85.6	217.8	1.7
B14B4	419955	3987419	1468	1.107	0.461	98.7	83.9	213.8	2.6
B14C1	419955	3987419	8098	1.054	-0.272	134.9	68.4	242	6.6
B14C2	419955	3987419	11130	1.062	-0.188	107.2	76.3	236.4	8.7
B14C3	419955	3987419	11876	1.064	-0.36	88.2	80.2	229	7.6
B14D1	419955	3987419	13092	1.058	-0.132	224.1	68.6	3.1	16.4
B14D2	419955	3987419	20341	1.054	-0.332	206.8	73.3	357.6	14.7
B14D3	419955	3987419	19523	1.043	-0.347	233	67.4	359.1	13.8
B14E1	419955	3987419	22306	1.032	-0.361	1.5	75.1	264.8	1.8
B14E2	419955	3987419	23186	1.029	-0.051	9.3	72	257.8	6.8

Name	X	Y	Km	P	T	K1dec	K1inc	K3dec	K3inc
B14E3	419955	3987419	30874	1.028	-0.441	17.4	58.2	136.6	16.8
B14F1	419955	3987419	18195	1.026	-0.217	76.3	79.7	237	9.7
B14F2	419955	3987419	18285	1.046	-0.129	142.6	60.6	238.1	3.1
B14F3	419955	3987419	23662	1.031	-0.121	108.7	78.1	230.8	6.4
B14F4	419955	3987419	20543	1.045	-0.137	128.8	69.3	237	6.7
B14F5	419955	3987419	19330	1.035	-0.45	102.4	69.4	217.8	9.2
B14F6	419955	3987419	24007	1.04	-0.644	74	70.1	197	11.2
B14G1	419955	3987419	18088	1.045	-0.693	14.4	80.4	117.4	2.2
B14G3	419955	3987419	21818	1.052	-0.676	3.6	77.4	129	7.4
B14H1	419955	3987419	20433	1.07	-0.065	86.9	74.9	237.3	13.2
B14H2	419955	3987419	24912	1.072	-0.149	119.5	65.2	238.2	12.5
B14H3	419955	3987419	22083	1.063	-0.341	120	63.2	237.9	13.3
B14I1	419955	3987419	19789	1.055	-0.3	44.7	65.1	149.6	6.8
B14I4	419955	3987419	17869	1.063	-0.181	46.8	54.2	147.5	7.6
B14J2	419955	3987419	25675	1.072	-0.631	60	63.4	293.6	16.6
B14K2	419955	3987419	260	1.089	-0.336	74.5	49.1	341.5	2.6
B14K3	419955	3987419	1872	1.109	-0.223	73.6	43.4	338.6	5.3
B14L2	419955	3987419	1305	1.09	0.365	0.6	47.5	257.6	11.7
B14L4	419955	3987419	1161	1.081	0.415	11.6	51.8	262.8	14.3
B14M3	419955	3987419	1295	1.122	-0.209	7.7	42.9	253.3	23.9
B14AY3	419955	3987419	11025	1.068	-0.348	47.8	53.3	145.6	5.8
B14B1	419955	3987419	1455	1.087	0.697	347.5	80.5	221.7	5.6
B14D4	419955	3987419	20940	1.045	-0.417	235.8	53.4	354.5	19.7
B14G2	419955	3987419	21213	1.054	-0.548	327	78.4	139.2	11.5
B14J1	419955	3987419	12137	1.057	-0.645	65.2	69.5	278.8	17.3
B14K1	419955	3987419	2598	1.084	-0.415	80.9	52.7	337.7	9.9
B14L1	419955	3987419	1431	1.09	0.401	2.7	50.7	258.2	11.6
B14L3	419955	3987419	1295	1.087	0.344	3.2	43	262.7	11
B14M1	419955	3987419	1356	1.115	-0.092	353.4	50.2	241.3	17.5

K_m : ضریب پذیرفتاری مغناطیسی کل بر حسب μSI

$P_{para\%}$: درصد آنیزوتروپی

T : پارامتر شکل

K_1d : امتداد و شیب K_1i معرف خطوارگی.

منابع فارسی:

- ۱- آقاباتی س.ع. (۱۳۸۳) "زمین‌شناسی ایران" انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران. ص ۵۸۶.
- ۲- اسدی، م. (۱۳۸۹) پایان نامه ارشد "بررسی تکتونیکی قسمتی از گسل صحنه با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های دیرینه مغناطیسی" تهران. دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات و فناوری.
- ۳- اصلانی، ع. (۱۳۹۱) پایان نامه ارشد "مکانیسم ساز و کار جایگیری بخشی از باتولیت الوند در جنوب غرب همدان" تهران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۴- احدنژاد، و. (۱۳۸۹)، رساله دکتري: "خود مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی ملایر با استفاده از روش AMS"، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.
- ۵- 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.
- ۶- بدلو، س، صادقیان م، شیبی م، رضانی ر، شکاری س، (۱۳۸۹)، "بررسی انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی و ترکیب سنگ‌شناسی در توده گرانیتوئیدی گل‌زرد"، بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور، صفحه ۲۵.
- ۷- رسولی، ج. (۱۳۸۷) پایان‌نامه ارشد: "ناهمگنی پذیرفتاری مغناطیسی توده گرانیتوئیدی بروجرد"، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.

۸- شکاری، س.، صادقیان، م. (۱۳۹۰) تعیین سازوکار جایگیری توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ (شمال غرب الیگودرز) به روش AMS، نوزدهمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه گلستان (گرگان) صفحه ۱۶۲.

۹- شکاری، س. (۱۳۹۰) پایان نامه ارشد: " بررسی مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی درّه‌باغ (شمال غرب الیگودرز) با استفاده از روش انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی (AMS)"

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

۱۱- 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.

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

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

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

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

۱۶- محمودی، م (۱۳۹۱)، پایان نامه ارشد: "چینه نگاری مغناطیسی سازند قلی و سلطان میدان به سن اردوویسن بالایی و تعیین موقعیت دیرین جغرافیایی آنها در شمال شرق شاهرود". سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۱۷- ملاشاهی، م (۱۳۹۱)، رساله دکتری: "بررسی آلودگی هوای تهران با بهره گیری از مگنتومتری خاک و برگ درختان". تهران. دانشگاه تربیت مدرس.

۱۸- مهدی پور، ف (۱۳۹۰)، پایان نامه ارشد " بررسی آب و هوای دیرینه منطقه نکاء با کاربرد روش های پالئومغناطیس " سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

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

۲۰- وکیلی ف، (۱۳۸۲)، پایان نامه ارشد: " بررسی انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی در توده گرانیتی شاه کوه "، 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 susceptibilité magnétique et fabrication des granites”, *C.R. Acad. Sci. Paris* 330, 1–14.
- Bouchez J.L.** Delas C. Gleizes G. Nédélec 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. originally published by Blackwell Scientific Publications, 1992).
- Chadima, M.**, and Hrouda, F., (2009), *Paleomagnetic Data browser and analyser*, AGICO Inc.
- Cox, A.**, (1970), Latitude dependence of angular dispersion of the geomagnetic field, *Geophys. J. Roy. Astron. Soc.*, v.20, 253-192.
- Fuller M.D.** (1960) “Anisotropy of susceptibility and the natural remanent magnetization of some Welsh slates”, *Nature*, 186, 791-792.
- Ghulamghash 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.

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

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

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.

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.

Mattei M. Funiciello R. (2006) “Geometric and kinematic feature of dike complex at Mt. Somma, Vesuvius”, *Earth and Planetary science letters* 245, page 389-407.

Mattei M. Speranza F.(2002) “ magma flow in sub – aqueous dike inferred from magnetic fabrics analysis “, physics and chemistry of earth 27, page 1263-1272.

Parkinson, W. D., (1983), Introduction to geomagnetism, Scottish Academic Press, page 2-3.

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”,

Schmidt ,k. and Soffel,H.(1984).Mesozoic-Cenozoic geological events in central-East Iran and their relation to paleomagnetic results,N Jahrb Geol PalanntalAbh,168:173-181.

Soffel ,H.C. and Forster ,H.G.(1984), Polar wander path of the Central East Iran microplate including new results. ,N Jahrb Geol PalanntalAbh,168: 165-172.

Tarling D.H. Hrouda F. (1993), “The magnetic Anisotropy of rocks”, Chapman & Hall, London. pp.217.

Zijderveld, J. D. A., (1967), Demagnetization of rocks; Analysis of results, In: Methods in paleomagnetism, collision, E. D. W.,Creer, K. M. and Runcom, S. K., Elsevier, Amsterdam, pp. 254-286.

ABSTRACT:

Delbar igneous metamorphic complex located in southeast of shahrood in east of Biyarjomand with the Neoproterozoic age. This complex include of extent range of metamorphic rock such as micaschist, garnet-micaschist, gneise and amphibolite. This complex cut by diabasic dikes with mostly northeast – southwest trend. Thickness of these dikes varied from many centimeter to three meter. Plagioclase from oligoclase and labradorite types with pyroxen and ougite are major rock forming minerals in these dikes. Based on field observation and geochemistry analysis demonstrated that these dikes have a gabbroic composition and therefore better that call to these dikes” diabasic dikes”. Consider to field surveys and cut the detrital sequence comprise of shale, sandstone and conglomerate with lower Jurassic age and another side cover of this sequence by Jurassic limestone, age of emplacement of these dikes related to late of Early Jurassic to Middle Jurassic. In north of central of Iran near to Gaznavi Bridge (north of Shahrood) to Cheshme Ali (north of Damgan) shale and sandstone sequences (with the Jurassic age) cut by diabasic dike that we studied in this thesis and this evidence index of one large scale opening that occurred in Late Jurassic. On some dikes in 14 station obtained many specimen by core drilling for the investigate of melt distribution and determination of paleolatitude. So that totally private of 650 core in standard wide that studied in laboratory of Shahrood Technology of University and Paleomagnetism laboratory of geology accosiation of Tehran.

Primary studied show that value of anisotropy of magnetic susceptibility for these dikes variable from 500 to 31000 μSI , but the mean of anisotropy of magnetic susceptibility is equal of 9500 μSI . Obtained results showed variation in ferromagnetic minerals such as magnetite and hematite and vary of mafic minerals specially pyroxen in this rocks. In other word there is a linear relation between of value of mean anisotropy and lithology composition for these dikes.

Magnetic lineation and foliation respect of interpretation of K_1 , K_2 and K_3 revaeled that firstly distribution of magma can different from dikes to another dikes and secondary magma can flow in horizontal level or vertical direction and can flow in intermediate of horizontal and vertical direction during ascend to surface. Azimuthe of magnetic lineation different from zero to 90° in samples. Studing in azimuthe of magnetic lineation showed that general trend of them correlated with the general direction of dikes. Study of P (magnetic anisotropy) and T (shape parameter) value showing that most of magnetic ellipsoids from oblate type that this matter consistent with the crystal structure of pyroxen and small size of grain and demonstrate that shape of grain have a major effect in magnetic fabrics.

Another discussion in this thesis focused in determination of paleoposition of this area. Selective samples for this objective in 4 stage have been studied and obtain resulte is analysed. This stage introduced by following:

- 1- Determination of natural remnant magnetic (NRM) for samples by using of spinner magnetometer JR6-A.
- 2- Demagnetization under alternative fields with the different intensity that abbreviated AF method.

3- Thermal demagnetization

4- Find of minerals that responsible for magnetic behavior in dike samples.

After of measurement NRM, suitable samples select for next experiment and unsuitable samples removed. In next stage samples by using of AF and thermal demagnetization methods investigated. By AF method determinate that minerals of responsible for magnetic behaviour mostly have low size about larger than 1 micrometer.

Aid of thermal and AF data and their analyzing we can determine successfully paleoposition for any station. In collected data from stations, six station have a high confidence for results. Consider to these 6 stations and paleomagnetic poles of Jurassic period and relate reference totally paleoposition of this area showing 20° north for paleolatitude. This value revealed that Iran terrain in Jurassic period located in 15° to 21° north. This value showing paleolatitude for Iran in Jurassic time.

Existence of shale layers in most of areas, particularly in south Alborz between of Qazvin to Shahrood is another evidence for correlation of this result.

Finally we can tell that AMS and paleomagnetism studies one of best and beneficial tools for interpretate and identify of geology history of Iran.

Key words:

Delbar metamorphic complex, AMS method, mean magnetic susceptibility; Magnetic lineations and foliations, AF method, paleopoles position.



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Science

The study of melt distribution in mafic dikes cutting the Delbar-Biyarjomand metamorphic complex by means of AMS method and determination of their paleopole position.

Mohsen Chekani Mogaddam

Supervisor:

Dr. Mahmoud Sadeghian

Dr. Habib Alimohammadian

September 2012