



وزارت  
صنایع و معادن  
سازمان زمین شناسی و  
اکتشافات معدنی کشور

معاونت اکتشاف

مدیریت پشتیبانی اکتشاف

گروه ژئوفیزیک

اکتشاف آهن به روش مغناطیس سنجی

در منطقه آستامال استان آذربایجان شرقی

توسط :

فیروز جعفری

امین اسماعیل زاده

بهار ۱۳۹۰

## فهرست مطالب

۳	فصل اول
۳	(( کلیات ))
۳	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی
۴	۳-۱- زمین شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه
۸	فصل دوم
۸	(( تئوری روشهای ژئوفیزیک ))
۸	۲-۱- تئوری روش مغناطیس سنجی
۱۱	۲-۱-۱- روشهای تحلیل و تفسیر دادههای میدان مغناطیسی
۱۱	۲-۲- روشهای فیلتر اژ نقشه های مغناطیس
۱۱	۲-۲-۱- نقشه مشتق اول و دوم
۱۱	۲-۲-۲- نقشه های ادامه فراسو
۱۲	۲-۲-۳- نقشه برگردان به قطب
۱۲	۲-۲-۴- سیگنال تحلیلی
۱۳	۳-۲- تخمین عمق با استفاده از طیف توان متوسط انرژی
۱۳	فصل سوم
۱۳	(( برداشتهای ژئوفیزیک ))
۱۳	۳-۱- تجهیزات مورد استفاده
۱۴	۳-۲- مطالعات ژئوفیزیک و برداشت صحرائی
۱۷	فصل چهارم
۱۷	(( بررسی نتایج ))
۱۷	۴-۱- بررسی نتایج برداشت های مغناطیس سنجی
۲۹	۴-۲- نتیجه گیری
۳۰	۴-۳- پیشنهادات
۳۲	تشکر و قدردانی

## فصل اول

### (( کلیات ))

#### ۱-۱- مقدمه

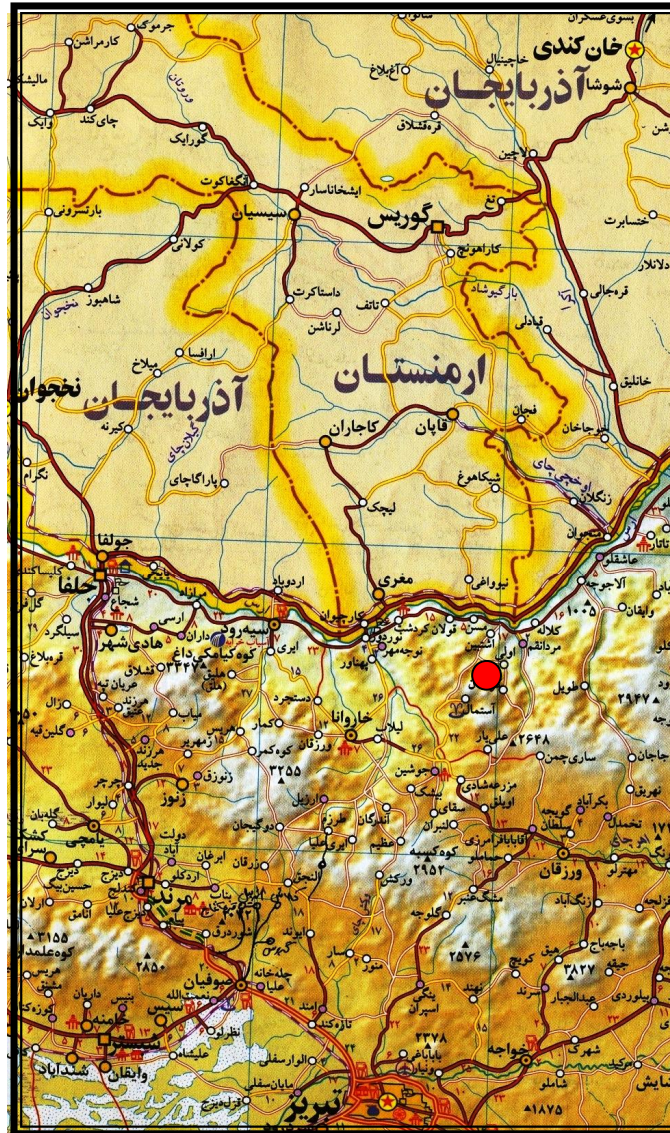
سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور برای انجام عملیات ژئوفیزیکی به روش مغناطیس سنجی در منطقه ورزقان استان آذربایجان شرقی به منظور اکتشاف آهن، طی حکم شماره ۱۰۴۴ در یک ماموریت ۱۰ روزه در خرداد ۱۳۸۹ اکیپی به سرپرستی فیروز جعفری، کارشناس همراه امین اسماعیل زاده و تکنسین ابراهیم ترک به محل اجرای حکم اعزام نمود.

در این ماموریت مجموعاً ۵۲۴ ایستگاه مغناطیس اندازه گیری شد.

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

منطقه حدوداً در ۵۰ کیلومتری (فاصله هوایی) شمال ورزقان واقع شده و مختصات آن در طول جغرافیایی "۱۹'۲۵°۴۶" و عرض جغرافیایی "۰۰'۴۶°۳۸" است.

برای دسترسی به منطقه ۴۰ کیلومتر از ورزقان به سمت مرز ارمنستان حرکت کرده و پس از عبور از حدود ۱۰ کیلومتر مسیر خاکی و نیم ساعت کوهپیمایی به منطقه مورد مطالعه می رسیم. (شکل ۱)



شکل ۱- نقشه راه دسترسی به محدوده ورزقان

### ۱-۳- زمین شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در حدود ۱۵ کیلومتری شمال غرب روستای آوان قرار گرفته است. کانسار موجود در

منطقه شامل کانسار آهن می باشد که در داخل آهک های کرتاسه تشکیل شده است (شکل ۲). در زیر به

توصیف واحدهای موجود در محدوده اکتشافی می پردازیم:

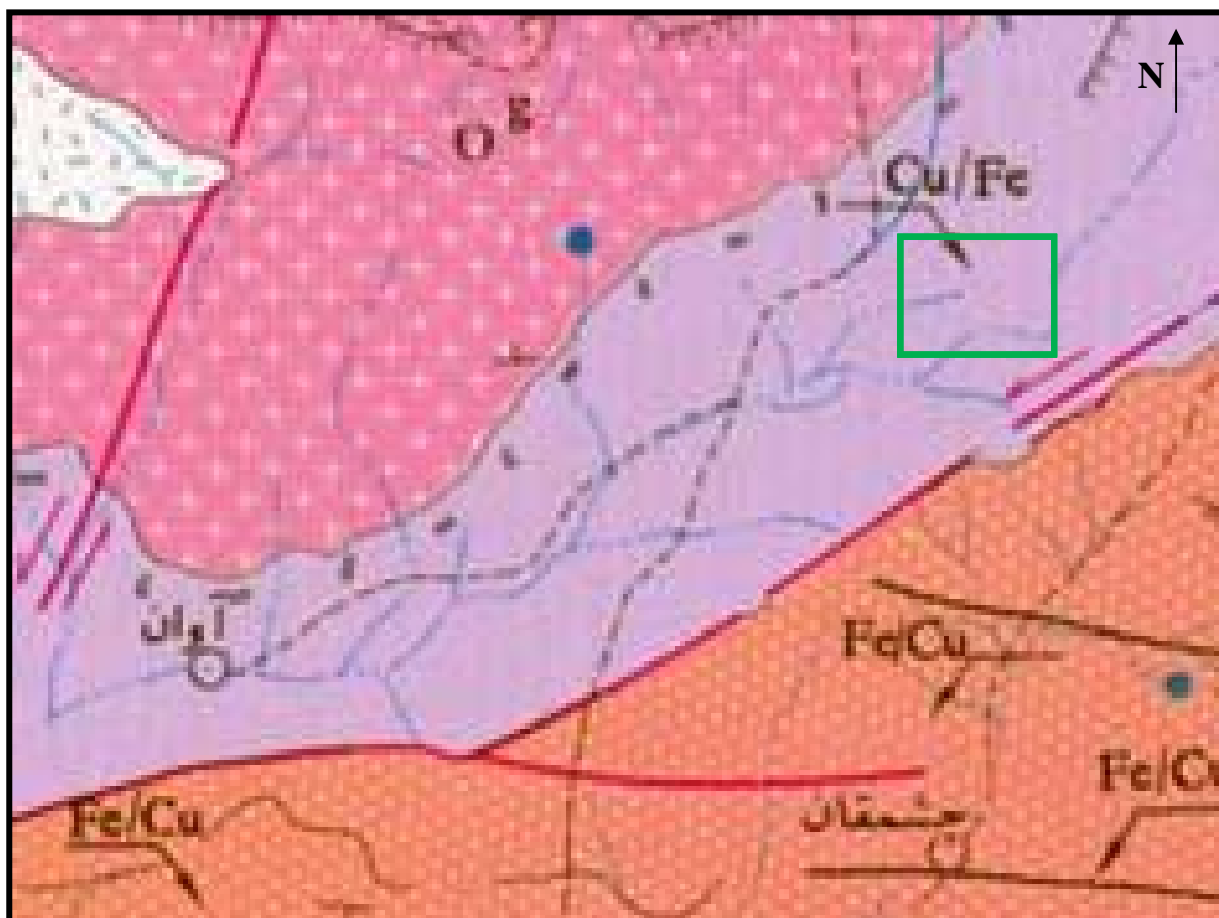
## کرتاسه:

به علت وجود شرایط ویژه در حوضه رسوبی در زمان کرتاسه بالایی رخساره فلیشی بطور جانبی بصورت بین انگشتی به دیگر رخساره های رسوبی تبدیل می شود. در منطقه مورد مطالعه این واحد فلیشی تبدیل به سنگ آهک مارنی خاکستری لایه لایه تا ستر لایه می شود. بافت این سنگ ریز دانه و بطور ثانویه تبلور مجدد را تحمل کرده است ( $K_{II}^{13}$ ). در بخش شرقی این محدوده این واحد بصورت متناوب با سنگهای آتشفشانی مشاهده می شود ( $K_{II}^V$ ).

## توده نفوذی (Og):

باتولیت قره داغ با وسعتی بیش از ۱۵۰۰ کیلومتر مربع در شمال باختر ایران و دو کشور همسایه شمالی (جمهوری های آذربایجان و ارمنستان) واقع شده است. حدود ۵۰۰ کیلومتر مربع از باتولیت یاد شده، در خاک کشورمان قرار گرفته و بزرگترین توده نفوذی شمال باختر ایران به حساب می آید. در منطقه مورد مطالعه، باتولیت قره داغ شامل گابرو، دیوریت، کوارتز دیوریت، کوارتز مونزونیت، کوارتز مونزودیوریت، لوکوتونالیت، گرانودیوریت، مونزوگرانیت و ریولیت ساب ولکانیک می باشد. گرانودیوریت ها، غالب ترین سنگ های باتولیت قره داغ هستند. توده های گرانیتوئیدی باتولیت قره داغ دارای ماهیت کالک آلکان با پتاسیم متوسط تا بالا بوده و گابروها توله ای هستند. گرانیتوئیدها متآلومین بوده و در زمره گرانیتوئیدهای نوع I و کردیلرانی قرار می گیرند. گرانیتوئیدها، از نوع ACG (گرانیتوئیدهای کالک آلکان غنی از آمفیبول) بوده و فقط مونزوگرانیت ها دارای خصوصیات گرانیتوئیدهای نوع KCG (گرانیتوئیدهای کالک آلکان غنی از آلکالی فلدسپار) هستند. تغییرات عناصر کمیاب خاکی فازهای اسیدی، یک الگوی غنی از LREE با نسبت بالای LREE/HREE را نشان می دهند. برخی از آنها، حاوی بیهنجاری منفی ضعیف Eu بوده و تعدادی فاقد آن هستند. شباهت تغییرات عناصر کمیاب در این سنگ ها، می تواند بیانگر ارتباط

ژنتیکی آنها باشد. گابروها دو روند متفاوت الگوی کم شیب با نسبت پایین LREE/HREE و الگوی پرشیب با نسبت بالای LREE/HREE را نشان می دهند. نمونه های دارای شیب کم، احتمالاً با نرخ ذوب بخشی زیاد از گوشته تهی شده حاصل گشته اند. در همه فازهای باتولیت قره داغ، بیهنجاری منفی Nb و Ti مشاهده می شود که نشانگر محیط های فرورانشی است. گرانیتوئیدهای باتولیت قره داغ مرتبط با کمان آتشفشانی (VAG) بوده و احتمالاً در نتیجه فرورانش حوضه پشت کمانی خوی به سمت شمال خاور و به زیر پوسته قاره ای آذربایجان به وجود آمده اند. هاله های اسکارنی منطقه از نوع کلسیک و غنی از گارنت + کلینوپیروکسن هستند.



شکل ۲- موقعیت محدوده اسکارنی آهن در نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ سیه رود

بر اساس مطالعات کانی شناسی و بافتی، فرایند اسکارن زائی در دو مرحله اصلی پیشرونده و پسرونده صورت گرفته است. مرحله پسرونده شامل دو مرحله مجزا ولی پیوسته (مرحله پسرونده پیشین و مرحله پسرونده پسین) است. تشکیل اسکارن ها در حد تحتانی رخساره پیروکسن هورنفلس (دمائی بین  $600^{\circ}\text{C}$  -  $550^{\circ}\text{C}$  و فشار در حدود  $2-1/5$  کیلوبار) شروع شده و با کاهش دمای توده و تغییر ترکیب سیالات منشاء گرفته از توده، در شرایط ایزوباریک بعد از اوج دمائی (تشکیل ولاستونیت) ادامه پیدا کرده است. مجموعه کانی شناسی گارنت + کلینوپیروکسن که فراوان ترین کانی های هاله های اسکارنی هستند، در محدوده دمایی  $550^{\circ}\text{C}$  -  $400^{\circ}\text{C}$  و  $f\text{O}_2 = 10^{-26} - 10^{-23}$  تشکیل شده اند. نتیجه مطالعات ترموبارومتري و با استفاده از ترکیب هورنبلند، هورنبلند - پلاژیو کلاز و آمفیبول - کلینوپیروکسن، بیانگر اینست که توده گرانودیوریتی قولان در دمای بین  $690$  تا  $775$  درجه سانتی گراد و فشار  $1/4$  تا  $2/2$  کیلوبار، توده کوارتز مونزونیت کمتال در دمای  $662$  تا  $707$  درجه سانتی گراد و فشار  $1/1$  تا  $2/6$  کیلوبار و کوارتز دیوریت قولان در دمای  $694$  تا  $784$  درجه سانتی گراد و فشار  $1/2$  تا  $2/16$  کیلوبار تشکیل شده است. گابروها در دمای حدود  $1000$  درجه سانتی گراد متبلور شده اند.

توده نفوذی گرانیتی الیگوسن ( $\text{O}^{\text{B}}$ ) شامل طیف وسیعی از گرانودیوریت تا آلکالی گرانیت است. بافت این سنگها دانه ای است. در مواردی می توان بلورهائی از کوارتز و کانی فلدسپات را مشاهده کرد که بصورت بافت گرافیک با یکدیگر رشد نموده اند. ترکیب کانی شناسی این سنگها شامل فلدسپات آلکالن، کوارتز، پلاژیو کلاز از نوع الیگو کلاز - آلپیت، آمفیبول و بیوتیت است و معمولا فلدسپاتهای آلکالن به سریسیت و کانیهای رسی و پلاژیو کلازها و کلسیت تبدیل شده اند. این سنگهای گرانیتیوئیدی بصورت گسترده تحت تاثیر محلولهای گرمایی قرار گرفته و در نواحی مختلف می توان زون دگرسان شده را مشاهده کرد (بر گرفته از پایان نامه دکترای علی اصغر مختاری).

## فصل دوم

### ((تئوری روشهای ژئوفیزیک))

در این فصل تئوری روشهای ژئوفیزیکی بکاررفته در منطقه اکتشافی توضیح داده می شود.

#### ۲-۱- تئوری روش مغناطیس سنجی

مطالعه مغناطیس زمین، قدیمیترین شاخه ژئوفیزیک است. برای نخستین بار گیلبرت نشان داد که میدان مغناطیسی زمین راستایی عموماً شمالی - جنوبی در نزدیکی محور چرخشی زمین دارد. از آن زمان تاکنون پیشرفت های قابل توجهی در زمینه ساخت دستگاهها و تفسیر اندازه گیری های این روش بدست آمده است. در روشهای مغناطیسی معمولاً میدان کلی یا مولفه قائم اندازه گیری می شود. با توجه به اینکه میدان مغناطیسی دارای دو قطب و نیز راستا می باشد، لذا تفسیر نقشه های مربوطه پیچیده تر از سایر روش ها می باشد. از طرف دیگر، در مقایسه با اغلب روش های ژئوفیزیکی، اندازه گیری های صحرائی در این روش، ارزان و ساده است و عملاً نیازی به اعمال تصحیحات پیچیده و طولانی در قرائت ها نیست. میدان مغناطیسی زمین تا آنجا که به اکتشاف ژئوفیزیکی مربوط است، از سه قسمت تشکیل شده است:

- ۱- میدان اصلی، که هر چند با زمان ثابت نیست، نسبتاً به آرامی تغییر می کند و منشاء آن داخلی است و حدود ۹۰ درصد میدان مغناطیسی زمین را تشکیل می دهد.
- ۲- میدان خارجی، جزء کوچکی از میدان اصلی است که منشاء آن خارج از زمین می باشد و نسبتاً سریع تغییر می کند، تغییری که بخشی از آن دوره ای و بخشی از آن اتفاقی است (مربوط به تغییرات روزانه و سالیانه در وضعیت خورشید و همچنین تغییرات روزانه ماه می باشد).



۳- تغییرات میدان اصلی، معمولاً ولی نه همیشه خیلی کوچکتر از میدان اصلی است، نسبتاً با زمان و مکان ثابت است و در اثر بیهنجاری‌های مغناطیسی محلی در نزدیکی سطح پوسته زمین بوجود می‌آید. این تغییرات هدف‌های ژئوفیزیک اکتشافی را تشکیل می‌دهد.

اگر جسمی در میدان زمین  $F$  قرار بگیرد در این صورت یک میدان به نام  $J$  (مغناطیدگی القایی<sup>۱</sup>) به داخل جسم القاء می‌شود. که خواهیم داشت:

$$J = KF$$

که  $K$  ضریب مغناطیس‌پذیری<sup>۲</sup> (خودپذیری مغناطیسی) می‌باشد. اجسام بر حسب ضریب  $K$  به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱.  $K < 0$  ، دیامغناطیس. معمولترین مواد دیامغناطیس زمین، گرافیت، ژئپس، مرمر، کوارتز و نمک می‌باشند.

۲.  $K > 0$  ، پارامغناطیس. عناصری مانند نیکل و کلسیم و ... این اثر با دما کاهش می‌یابد.

۳.  $K \gg 0$  ، فرومغناطیس اکثراً اکسیدهای آهن.

خودپذیری مغناطیسی، متغیری مهم در مغناطیس است و همان نقشی را داراست که چگالی در تفسیرهای گرانی دارد. هر چند تغییرات بزرگی در مقادیر  $K$ ، حتی برای یک سنگ بخصوص وجود دارد و لبپوشی وسیعی بین انواع مختلف مشاهده می‌شود، سنگ‌های رسوبی پایین‌ترین و سنگ‌های آذرین اصلی بالاترین میانگین خودپذیری را دارا می‌باشند. در هر مورد خودپذیری تنها به مقدار کانی‌های فری مغناطیس موجود بستگی دارد که عمدتاً مانیتیت و بعضی اوقات ایلمنیت یا پروتیت می‌باشند (سنگ‌هایی نظیر گابرو، پیروکسنیت، بازالت و آندزیت دارای خاصیت مغناطیسی بالا هستند).

<sup>1</sup> . Induced Magnetization

<sup>2</sup> . Susceptibility

گاهی ممکن است که کانیهایی با خودپذیری منفی توسط اندازه گیری های مغناطیسی تفصیلی تعیین محل شوند، هر چند این مقادیر منفی کوچکند. همچنین باید خاطر نشان کرد که بسیاری از کانیهای آهن فقط کمی مغناطیسی اند. سنگ ها و کانی ها از نظر مغناطیس به سه دسته؛ دیا مغناطیس (بدون مغناطیس)، پارامغناطیس (دارای مغناطیس وقتی در معرض میدان قرار می گیرند) و فرومغناطیس (مغناطیس دار) تقسیم می شوند.

پارامتر اندازه گیری خاصیت مغناطیس سنگ ها خودپذیری مغناطیسی است که بر حسب واحدهای  $emu^3$  در جدول ذیل برای تعدادی از کانی ها ارائه شده است.

نوع	میانگین خودپذیری $\times 10^6$	نوع	میانگین خودپذیری $\times 10^6$
هماتیت	۵۵۰	کرومیت	۶۰۰
مانیتیت	۵۰۰۰۰۰	لیمونیت	۲۲۰
زغال سنگ	-۱	کوارتز	-۱

جدول شماره ۱- میانگین خودپذیری بعضی از کانیها

دستگاه های اندازه گیری در این روش به سه دسته واریومترهای مغناطیسی، مغناطیس سنج فلاکس گیت (دروازه شار)، مغناطیس سنج شتاب هسته ای و بخار روبیدیم تقسیم بندی شده اند. پیشرفته ترین و جدیدترین نوع مغناطیس سنج مدل Smartmag ساخت شرکت Scintrex کشور کانادا است که با استفاده از بخار سزیم کار می کند. این دستگاه دارای حساسیت بسیار بالا و در حد ۰/۰۱ گامامی باشد و برای کشف بی هنجاری های باستان شناسی کاربرد فراوانی دارد. واحد اندازه گیری شدت میدان مغناطیسی، گاما یا همان نانوتسلا است. مغناطیس سنج های با حساسیت و ظرافت کمتر برای عملیات معدنی بسیار مناسب تر است.

<sup>۱</sup> واحدهای  $emu$ : واحدهای الکترومغناطیسی  $cgs$  می باشد.

## ۲-۱-۱- روش‌های تحلیل و تفسیر داده‌های میدان مغناطیسی

جهت تفسیر بهتر داده‌های برداشت شده، از روش‌های مختلف تحلیلی و ترسیمی استفاده می‌شود. به عنوان مثال روش ادامه فراسو<sup>۴</sup> بمنظور کاهش اثر نویزهای سطحی و نمایش بهتر بی‌هنجاری‌های عمیقتر مناسب است در حالیکه نقشه‌های مشتق جهت آشکارسازی هر چه بیشتر بی‌هنجاری‌های سطحی مناسب هستند. به همین منظور نقشه‌های ادامه فراسو تهیه می‌گردد. به صورت ساده می‌توان چنین فرض کرد که گیرنده<sup>۵</sup> دستگاه مغناطیس‌سنج در ارتفاعی بالاتر از سطح فعلی اندازه‌گیری نموده است. نقشه کاهش به قطب نیز به منظور تعیین بهتر محل بی‌هنجاری با توجه به موقعیت جغرافیایی و با در دست داشتن مقادیر *declination, inclination* در منطقه و انجام تصحیح بدست می‌آید.

## ۲-۲- روشهای فیلتر اژ نقشه‌های مغناطیس

### ۲-۲-۱- نقشه مشتق اول و دوم

نقشه‌های مشتق قائم مرتبه اول و دوم چنانکه پیداست نسبت تغییرات بی‌هنجاری و شدت تغییرات بی‌هنجاری را نسبت به عمق نمایش می‌دهد. روشن است که به این ترتیب بی‌هنجاریهای سطحی که تغییرات شدیدتری دارند نمایان تر خواهند شد ضمن آنکه احتمال عمیق بودن یا ادامه چنین بی‌هنجاریهایی در عمق منتفی نیست. این نقشه‌ها برای تفسیر داده‌های مغناطیس هوابرد مناسبتر است.

### ۲-۲-۲- نقشه‌های ادامه فراسو

بصورت ساده می‌توان چنین فرض کرد که نقشه‌های ادامه فراسو در ارتفاع بالاتری تهیه شده است و یا بطور فرضی سنسور دستگاه مغناطیس‌سنج در ارتفاعی بالاتر از سطح فعلی اندازه‌گیری نموده است. این

<sup>4</sup> Upward Continuation

<sup>5</sup> Sensor

نقشه‌ها با توجه به شبکه برداشت و شدت بیهنجاریها در ارتفاعات مختلف تهیه میشود و می‌تواند تعبیری از عمق توده بیهنجاری به طور تقریبی بدست دهد. این نقشه‌ها برای تفسیر داده‌های مغناطیس زمینی مناسب تر است.

### ۲-۲-۳- نقشه برگردان به قطب

نقشه برگردان به قطب نیز به منظور تعیین بهتر محل بیهنجاری با توجه به موقعیت جغرافیایی و با در دست داشتن مقادیر زاویه میل مغناطیسی (*Inclination*)، زاویه انحراف مغناطیسی (*Declination*) در منطقه و انجام تصحیح بدست می‌آید.

به منظور حذف اثر دوقطبی در تعیین دقیق تر محل واقعی توده‌ها، ابتدا نقشه شدت کل میدان به قطب برگردانده می‌شود و به این ترتیب در منطقه ایران بیهنجاری‌ها کمی به سمت شمال کشیده می‌شود. با استفاده از مقادیر استاندارد جهانی در محل انجام برداشتها، برای تهیه نقشه برگردان به قطب مقادیر *Inclination* و *Declination* محاسبه می‌شود. به همین ترتیب می‌توان نقشه‌های کاهش به استوا را نیز تهیه نمود.

### ۲-۲-۴- سیگنال تحلیلی

تئوری این روش بر اساس حذف نویز با توجه به مشتق در جهات مختلف بیان می‌گردد بدین صورت که با گرفتن مشتق در جهات مختلف اثر روند منطقه‌ای که از نوع درجه اول می‌باشد در سه جهت حذف می‌شود و اثر بیهنجاری‌های سطحی و غیر مرتبط با کانسار به طور بهتری حذف می‌گردد. مشتقات افقی و قائم در سیگنال دو بعدی وابسته به بزرگی گرادیان داده‌های مغناطیسی معادل پیچش هر دو مشتق افقی و قائم حول تمامی انحرافات ممکن می‌باشد. برای پردازش داده‌های میدان مغناطیسی، نوسان سیگنال

تحلیلی در حالت دو بعدی قابل توجه است به طوری که می توان یک سیگنال مستقل از جهت منبع مغناطیسه شده را دریافت کرد.

## ۲-۳- تخمین عمق با استفاده از طیف توان متوسط انرژی

با توجه به اینکه عمق بیهنجاریها از دامنه موج حاصل تبعیت می کند و هر چه عمق افزایش پیدا می کند پیک بیهنجاری کم شده و به سمت اعداد موج کمتر میرود میتوان به این ترتیب عمق توده را با اندازه گیری شیب طیف توان متوسط انرژی و تقسیم آن بر  $4\pi$  بدست آورد. نمودار های حاصل، منحنی کاهش انرژی همراه با افزایش عدد موج و منحنی حداکثر و حداقل عمق را نشان میدهد. البته باید به خاطر داشته باشیم که مغناطیس سنجی یک روش کیفی است و تخمین های حاصل با استفاده از تحلیل داده ها بدست آمده است.

## فصل سوم

### (( برداشتهای ژئوفیزیک ))

#### ۳-۱- تجهیزات مورد استفاده

جهت انجام برداشتهای مغناطیس سنجی در محدوده مورد مطالعه از سه دستگاه مغناطیس سنج MP3 ساخت شرکت Scintrex کانادا استفاده شده است. یک دستگاه جهت ایستگاه BASE و دو تای دیگر جهت اندازه گیری استفاده شده است. دستگاه های MP3 در واقع مغناطیس سنجهای نوع پروتون میباشند که قابلیت ثبت داده ها تا ۳۲ کیلوبایت در حافظه دستگاه را داشته و میتوان با اتصال دو دستگاه BASE و اندازه گیری، تصحیحات روزانه را به سادگی و بطور خودکار انجام داد. دقت دستگاه تا ۰/۱ نانوتسلا بوده که در مقیاس مطالعات معدنی کافی است. با استفاده از این مدل دستگاه می توان اندازه گیری

های گرادیان را نیز با سنسور مخصوص انجام داد. بطور کلی این دستگاه‌ها در نوع خود بسیار سبک (۲ کیلوگرم) و دارای قابلیت حمل آسان و کاربری راحتی می‌باشد.



شکل ۳- دستگاه مغناطیس سنج MP3

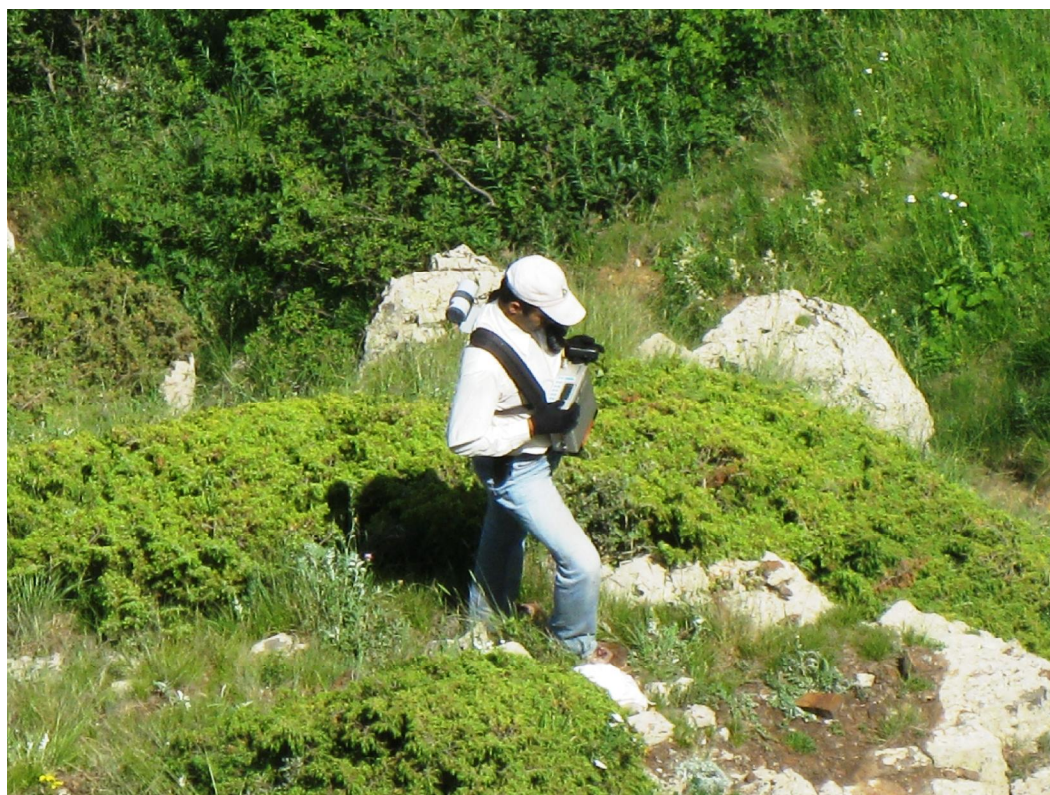
### ۳-۲- مطالعات ژئوفیزیک و برداشت صحرائی

پس از آنکه محدوده توسط زمین شناس منطقه جهت مطالعات مغناطیس سنجی معرفی گردید برداشتهای مغناطیس سنجی در منطقه آغاز شد. با توجه به توپوگرافی شدید در منطقه تلاش شده است تا داده های برداشت شده کاملاً منطقه را پوشش دهد و در یک شبکه با پروفیل های حتی الامکان موازی برداشت شود. ولی شبکه برداشت چنانچه در شکل ۶ دیده میشود تقریباً نامنظم است.

با توجه به برونزد آهن که در منطقه مشاهده شده است برداشت از جنوب این بخش و در پروفیل هایی با راستای تقریبی شمالی- جنوبی انجام شده است. ارتفاع ایستگاه ها با استفاده از GPS دستی برداشت شده است. در ادامه به ترتیب نتایج بدست آمده مورد تعبیر و تفسیر قرار گرفته است.



شکل ۴- نمایی از محل برونزد آهن در منطقه و شیب بسیار شدید محل برداشت (دید از شمال به جنوب)



شکل ۵- برداشت داده های مغناطیس در منطقه



شکل ۶ - تصویر هوایی منطقه به همراه محل برداشت نقاط



## فصل چهارم

### (( بررسی نتایج ))

#### ۴-۱- بررسی نتایج برداشت های مغناطیس سنجی

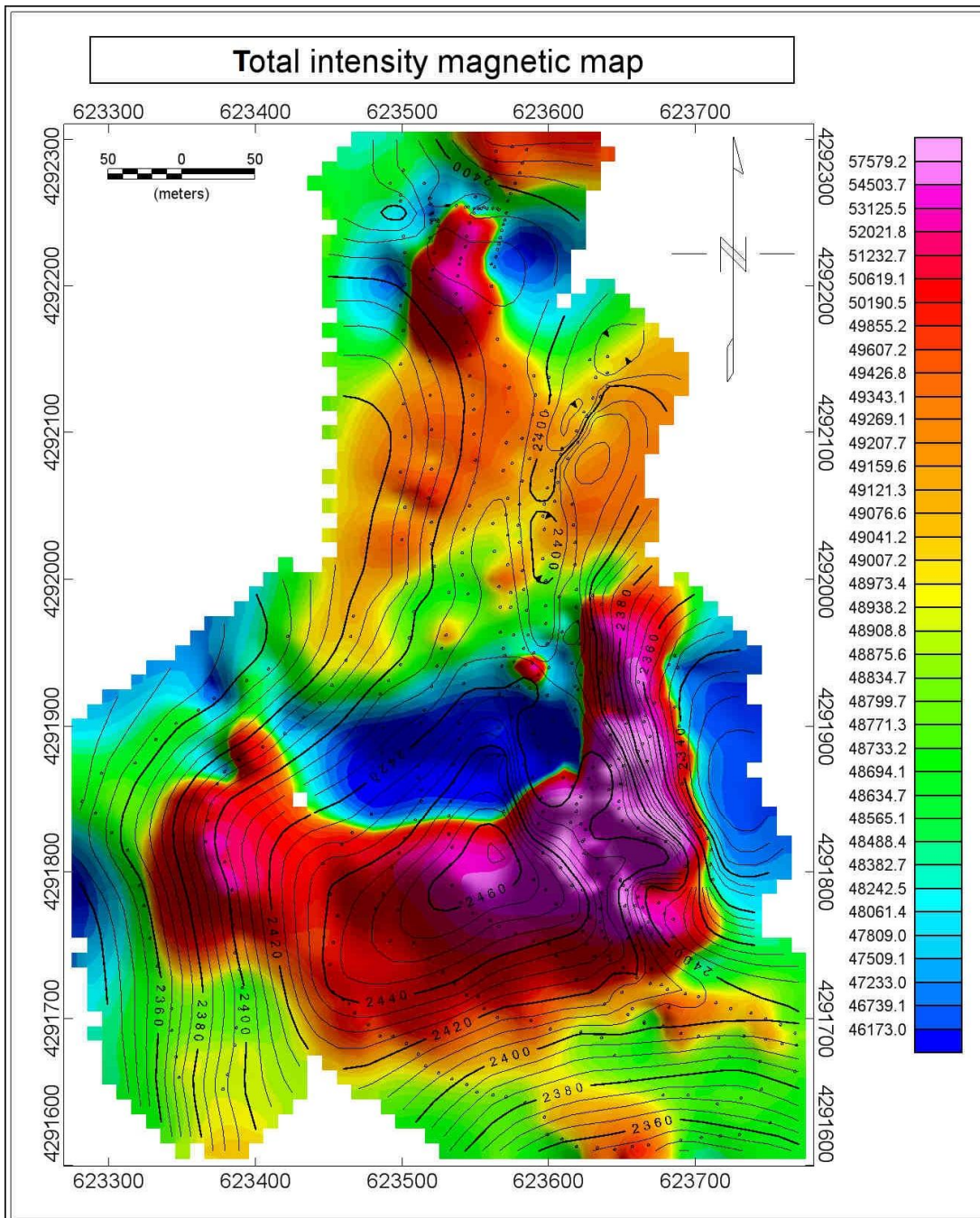
در این منطقه مجموعاً ۵۲۴ ایستگاه برداشت شد. بیشترین شدت مغناطیس که در این محدوده برداشت شده ۶۵۱۱۷/۱ گاما و کمترین مقدار آن ۴۲۴۲۷ گاما می باشد. میزان شدت میدان مغناطیس کل در محدوده ۴۸۵۰۰ گاما، مقدار زاویه میل ۵۵/۴ و مقدار زاویه انحراف ۵/۲ بدست آمده است.

با توجه به نقشه شدت کل میدان مغناطیس (نقشه شماره ۱) که برای پوشش دادن بی هنجاری اصلی منطقه و با توجه به برونزد مشاهده شده در منطقه تهیه شده است، وجود دو بی هنجاری با شدت میدان مغناطیسی بالا اثبات گردید. این ۲ بی هنجاری با توجه به مشاهدات صحرایی و هماهنگی با برونزد کانسار آهن در منطقه می تواند مرتبط با کانی سازی آهن باشد. همچنین به منظور بررسی دقیق تر موقعیت بی هنجاری در منطقه تصحیح برگردان به قطب بر روی داده ها انجام شده و نقشه آن تهیه شده است (نقشه شماره ۲) که این نقشه نیز ۲ بی هنجاری در قسمت شمالی و مرکزی منطقه مورد مطالعه را تایید کرده که بی هنجاری اصلی در مرکز دارای وسعت بیشتری بوده و با توجه به نقشه های ادامه فراسو که برای اعماق مختلف تهیه شده است دارای عمق بیشتری می باشد در حالی که بی هنجاری شمالی دارای وسعت کمتری بوده و سطحی تر نیز می باشد. نقشه سیگنال تحلیلی مغناطیس کل و ادامه فراسوی ۲۰ متر آن هم تهیه شده است (نقشه شماره ۸ و ۹). بر روی نقشه برگردان به قطب که از نقشه شدت کل میدان مغناطیس تهیه شده است می توان به چند مورد اشاره کرد. اول اینکه بی هنجاری بزرگتر مرکزی ممکن است از چند توده کوچکتر که در عمق به هم پیوسته هستند تشکیل شده باشد که در عمق بیشتر یک توده با وسعت ۲۰۰ متر در ۲۰۰ متر را تشکیل داده که با توجه به نقشه های ادامه فراسو عمقی تا حدود ۶۰ متر نیز می تواند داشته

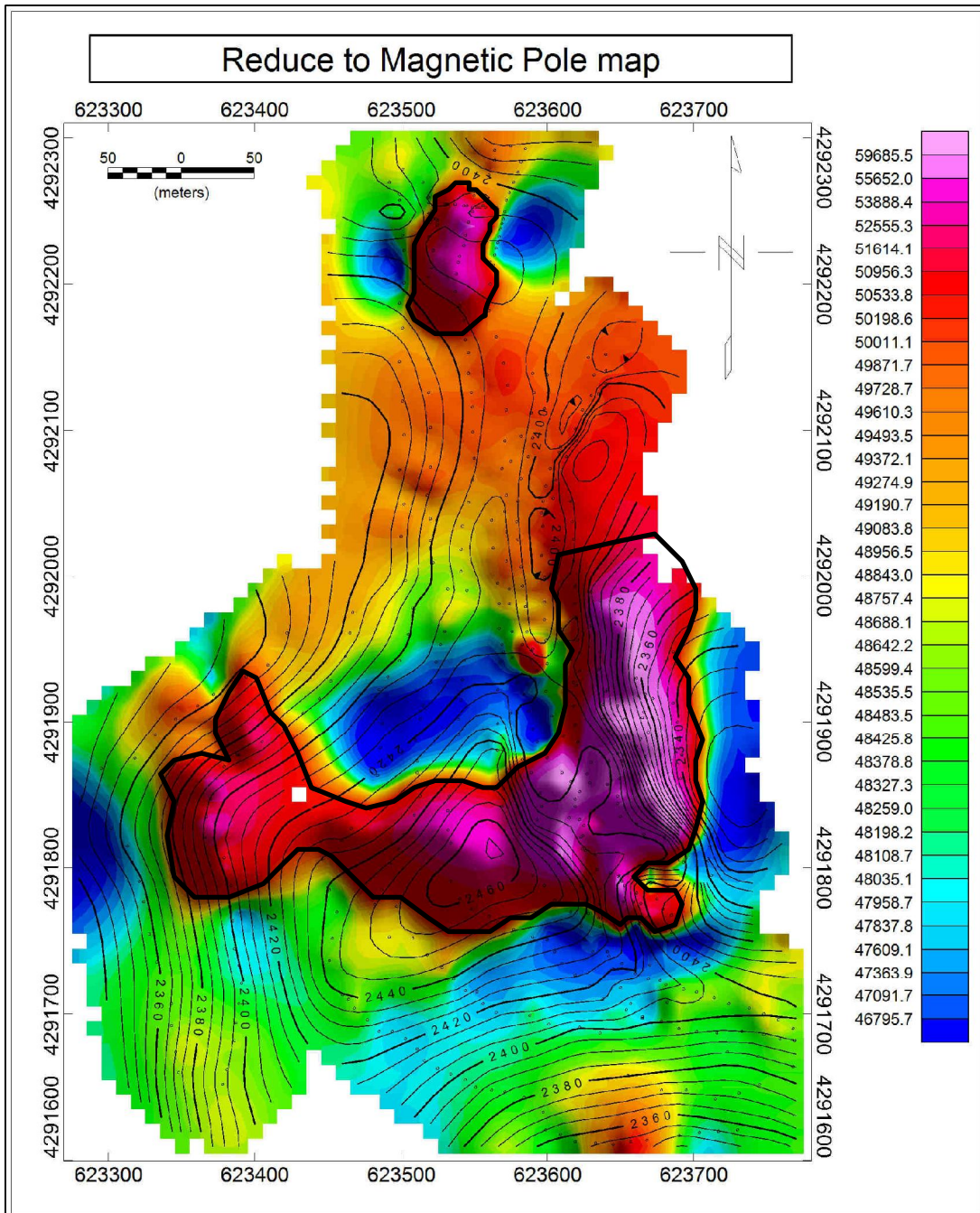
باشد. برونزد توده ها در شرق و در شیب تند توپوگرافی چنین چیزی را تایید می کند. محدوده های بیهنجاری بر روی نقشه شماره ۲ نشان داده شده است. منحنی های بسته مشکی حدود تقریبی توده را نشان می دهد. بطور کلی کانی سازی بیشتر فرم توده ای دارد تا رگه ای. با توجه به نقشه های ادامه فراسو که تا ۶۰ متر تهیه شده است می توان دید که توده مرکزی در شرق عمیق تر از سایر بخش ها است، در حالی که توده شمالی در ۴۰ متر تقریباً محو می شود.

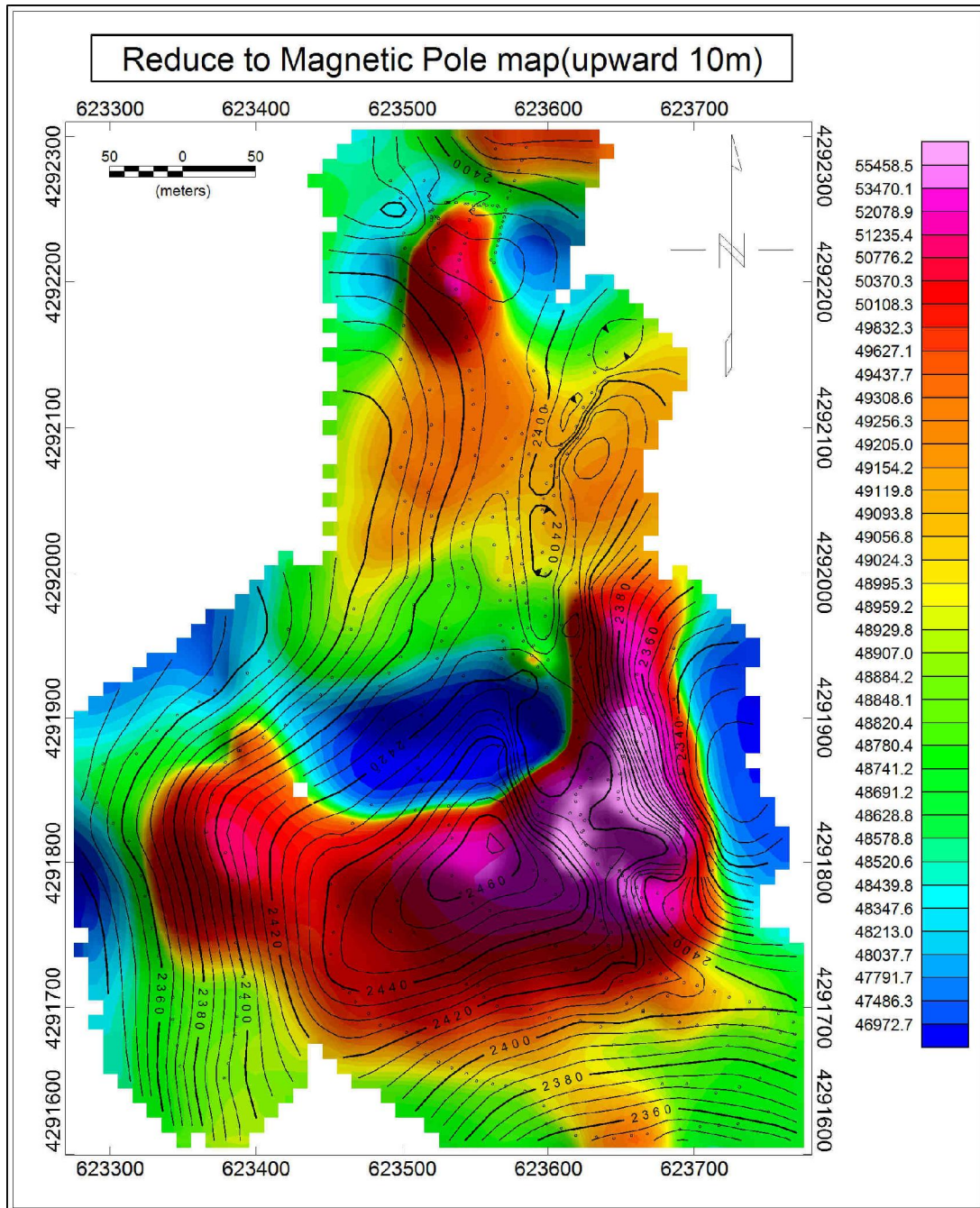
نقشه سیگنال تحلیلی نیز تقریباً بیهنجاری مرکزی را به دو بخش شرقی که بزرگتر بوده و برونزد دارد و بخش غربی که برونزد نداشته و کوچکتر است تقسیم نموده است. ادامه فراسوی این نقشه تا ۲۰ متر عمق توده غربی را کم و در حدود توده شمالی نشان می دهد.

نمودار تخمین عمق با استفاده از طیف توان نیز عمق حداکثر را ۵۰ متر نشان داده است.

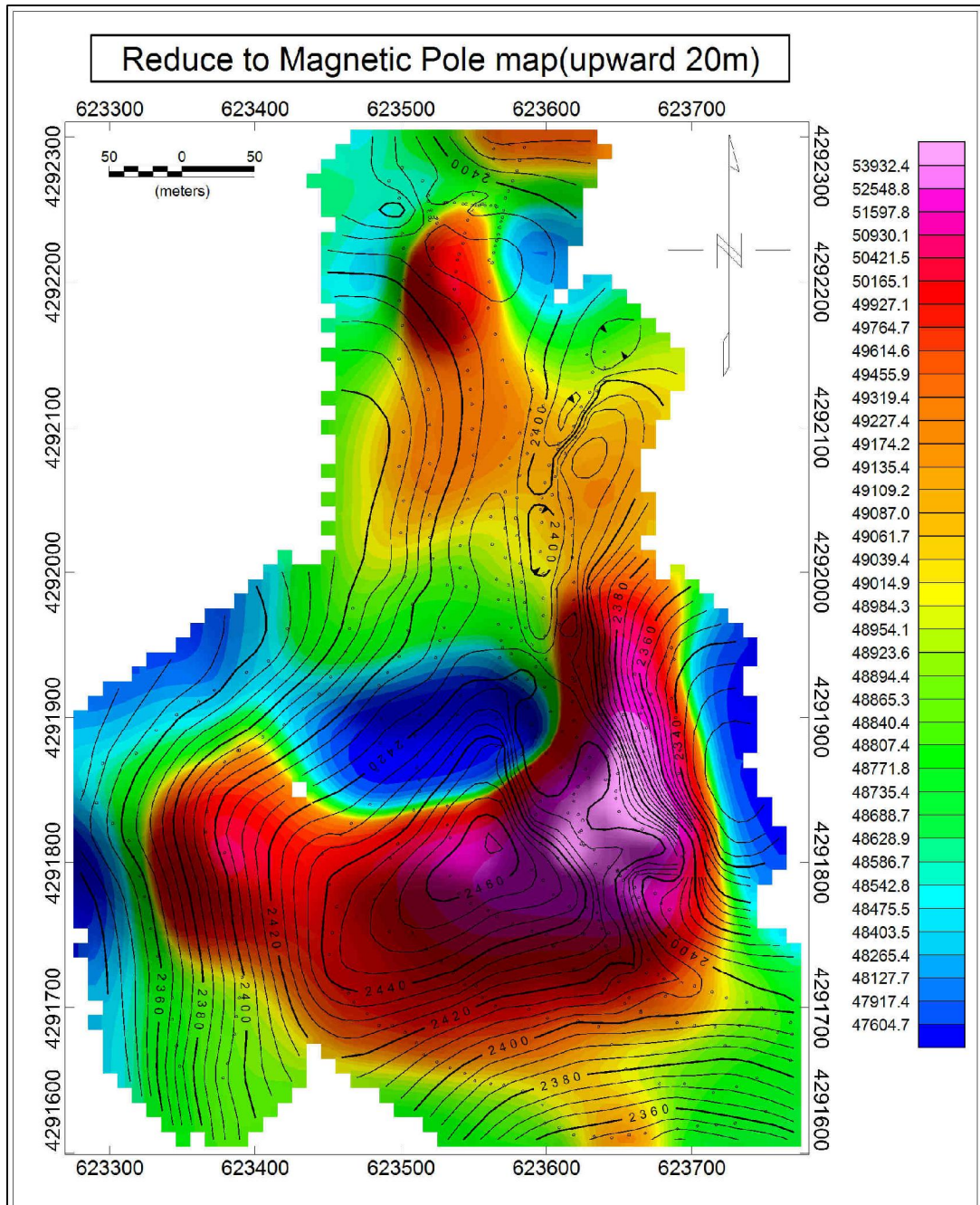


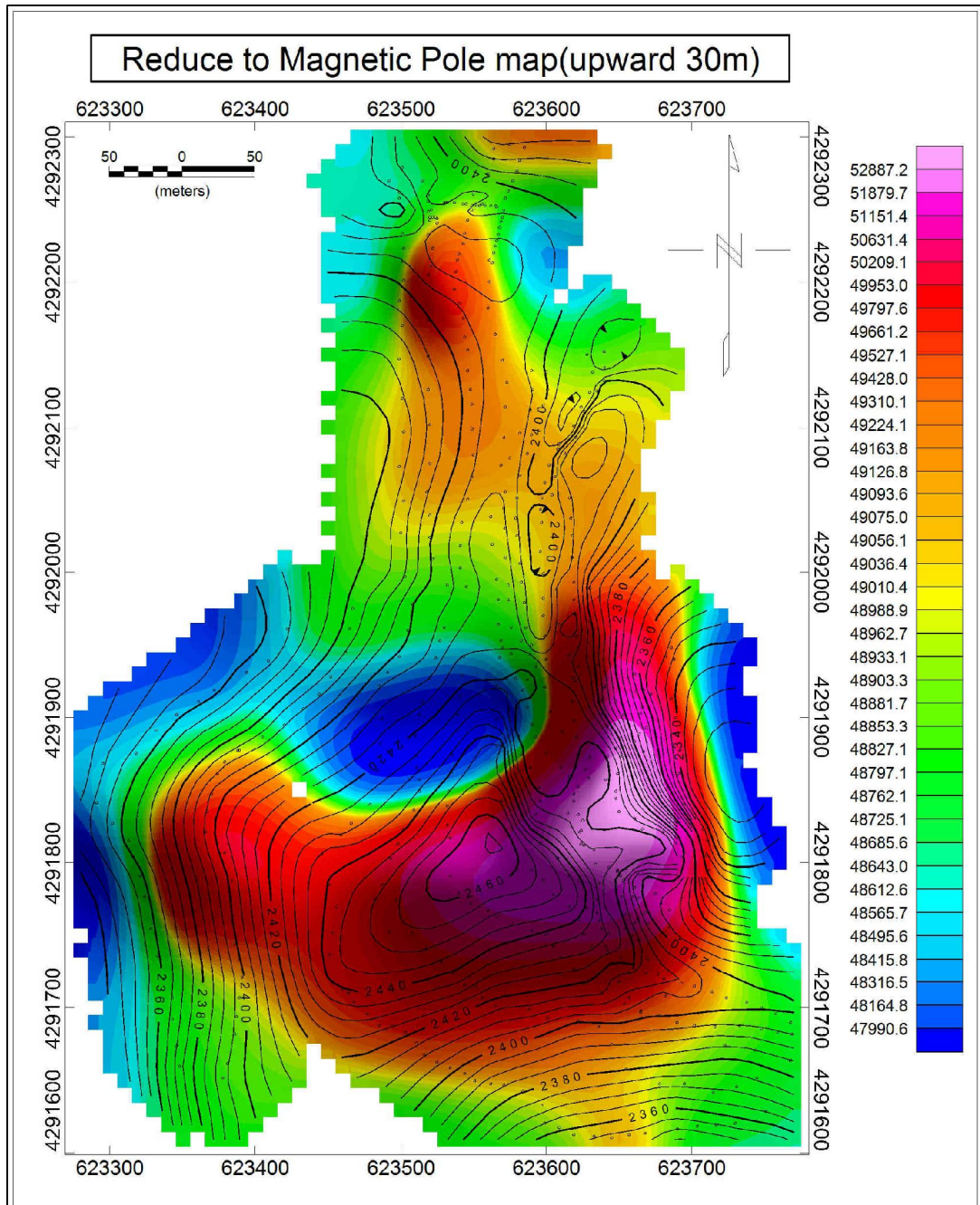
نقشه شماره ۱- نقشه شدت کل میدان مغناطیسی (بخشهای خالی با رنگ سفید به علت نبود داده ایجاد شده است)



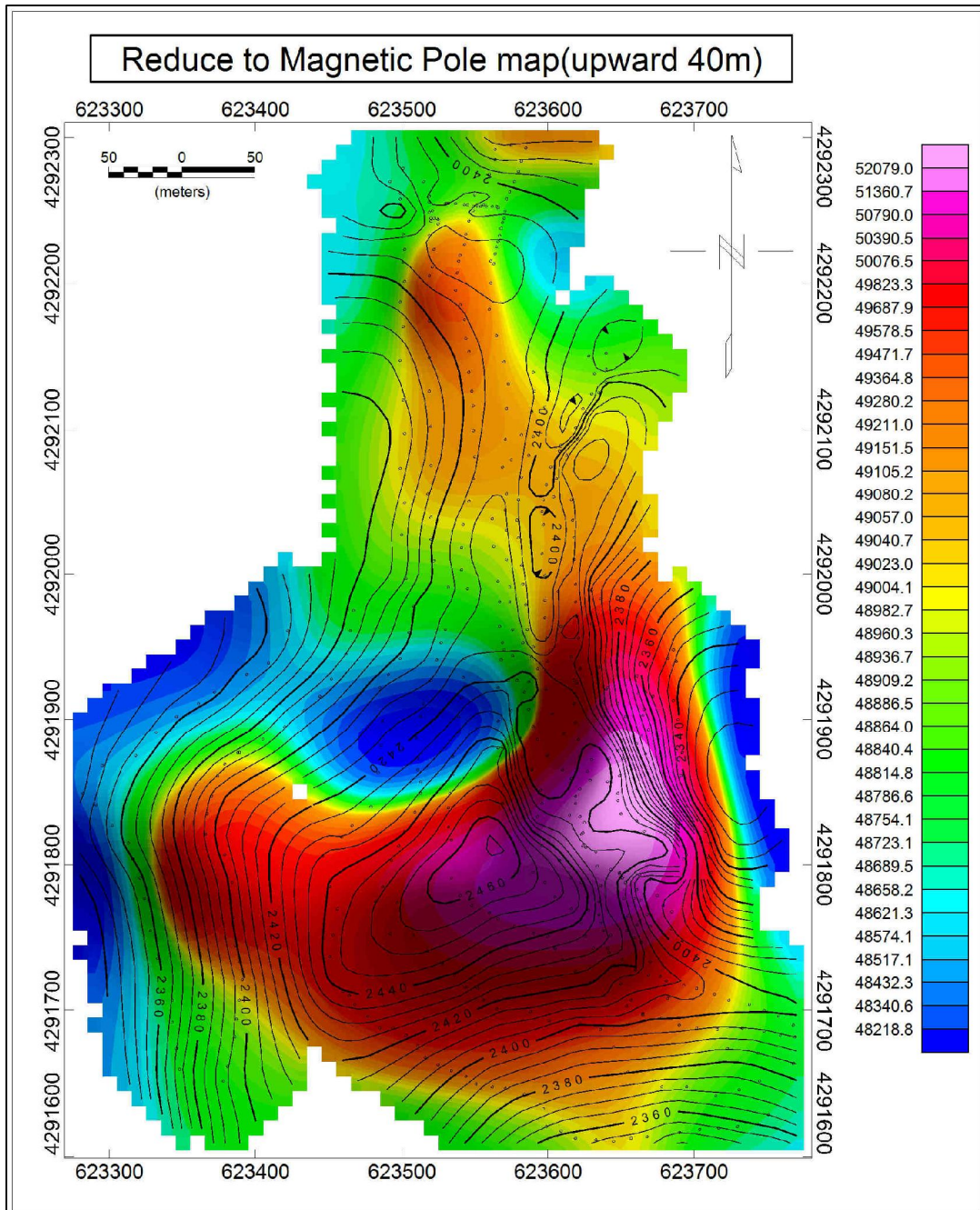


نقشه شماره ۳- نقشه برگردان به قطب (ادامه فراسو تا ۱۰ متر)



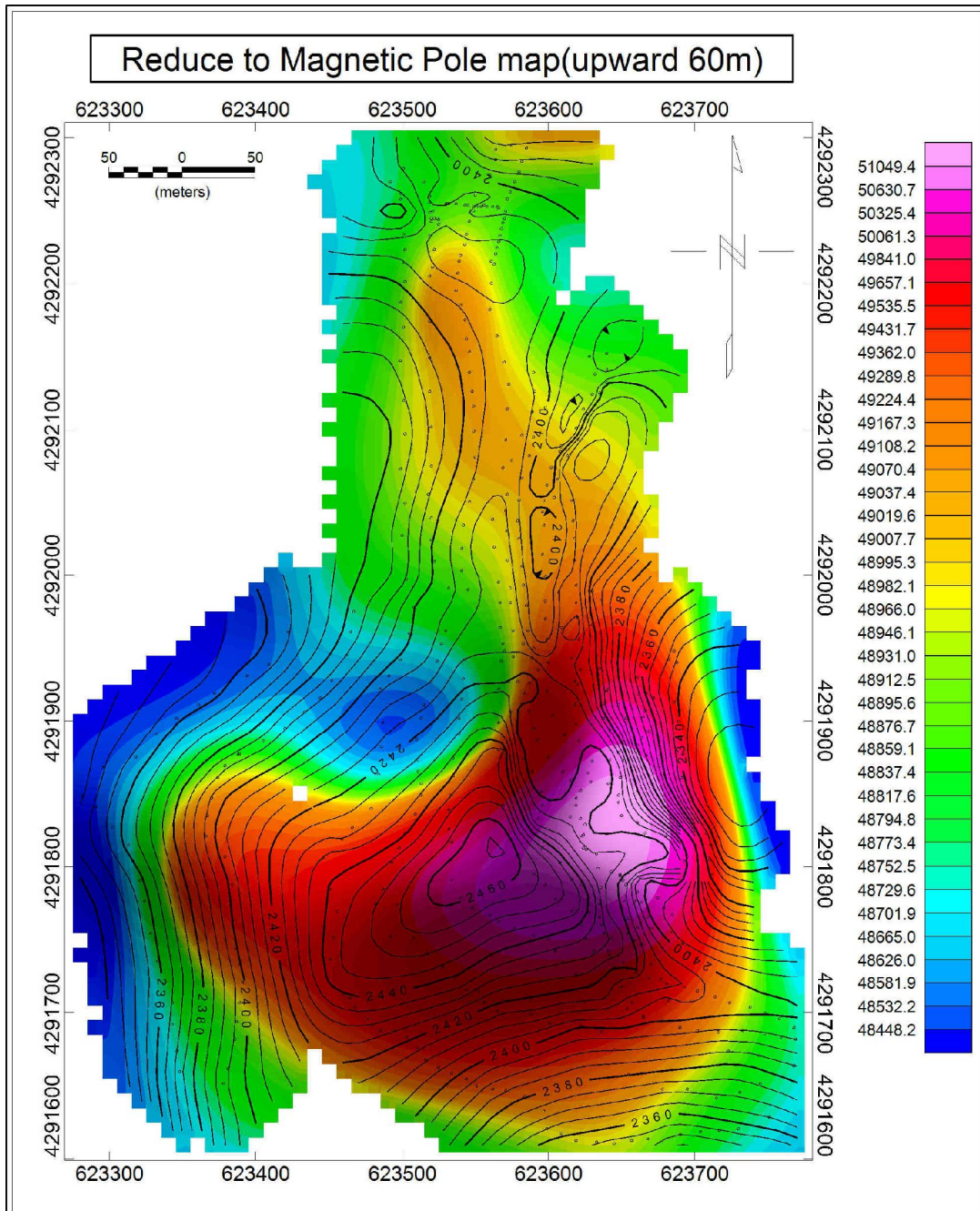


نقشه شماره ۵- نقشه برگردان به قطب (ادامه فراسو تا ۳۰ متر)

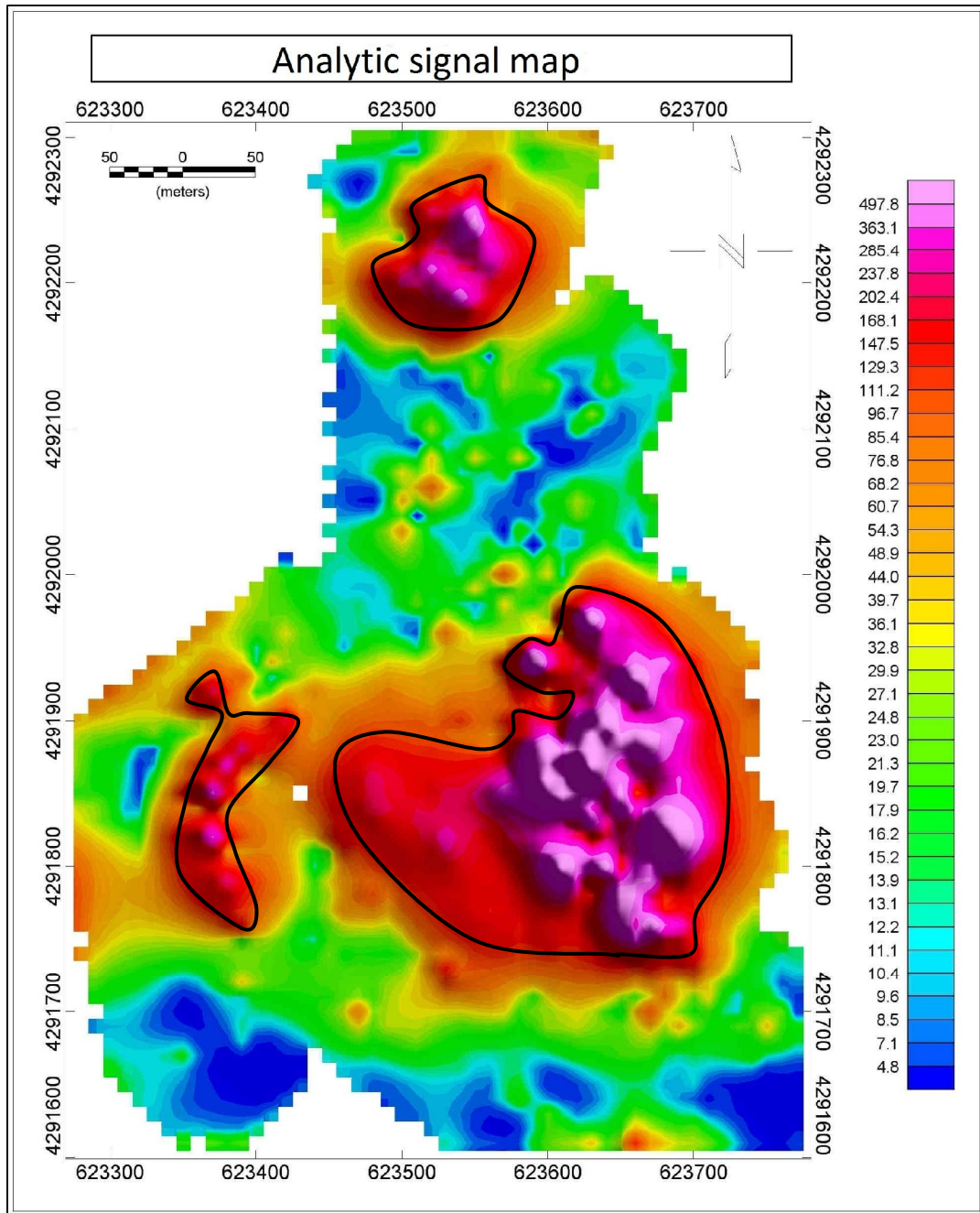


نقشه شماره ۶- نقشه برگردان به قطب (ادامه فراسو تا ۴۰ متر)

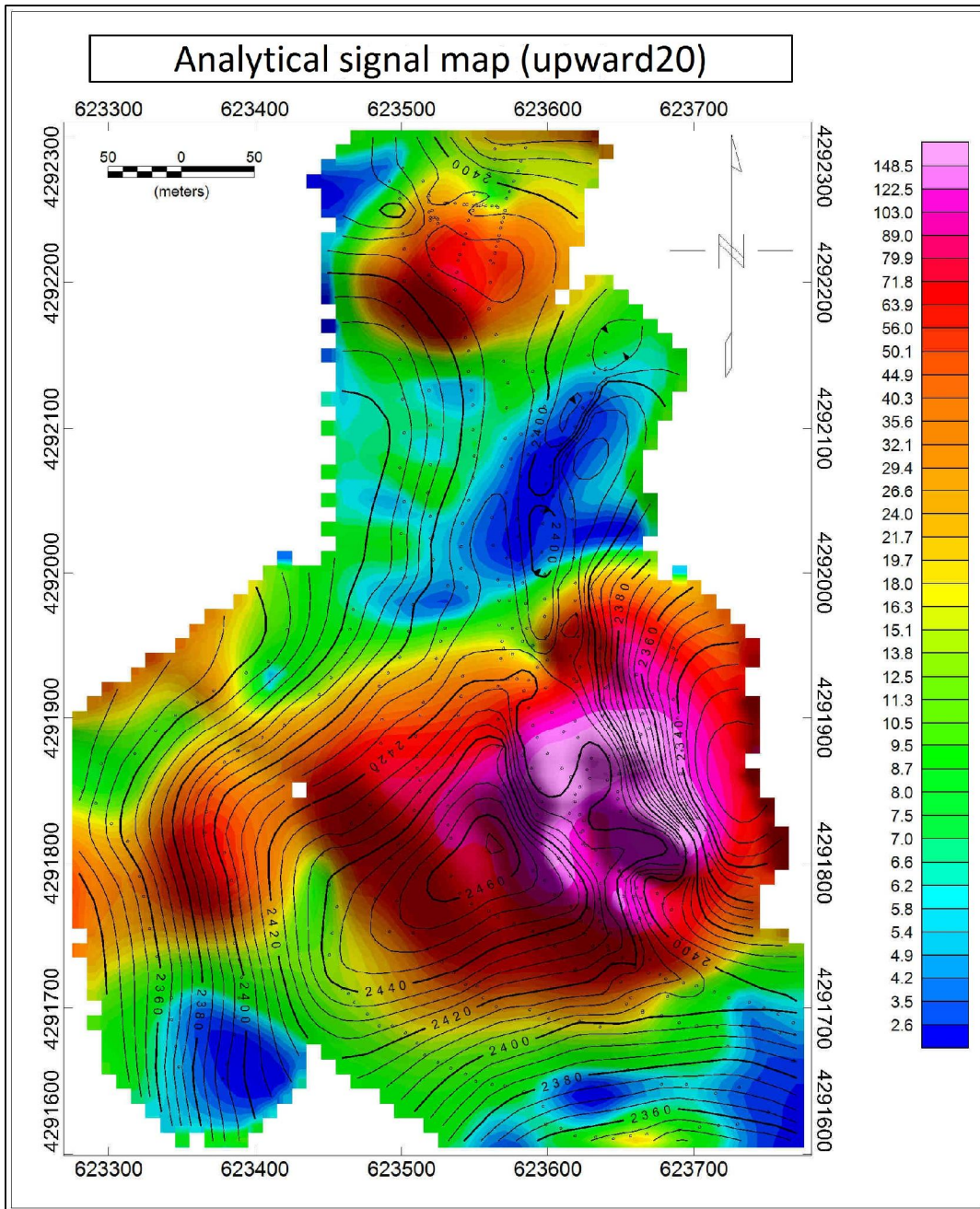




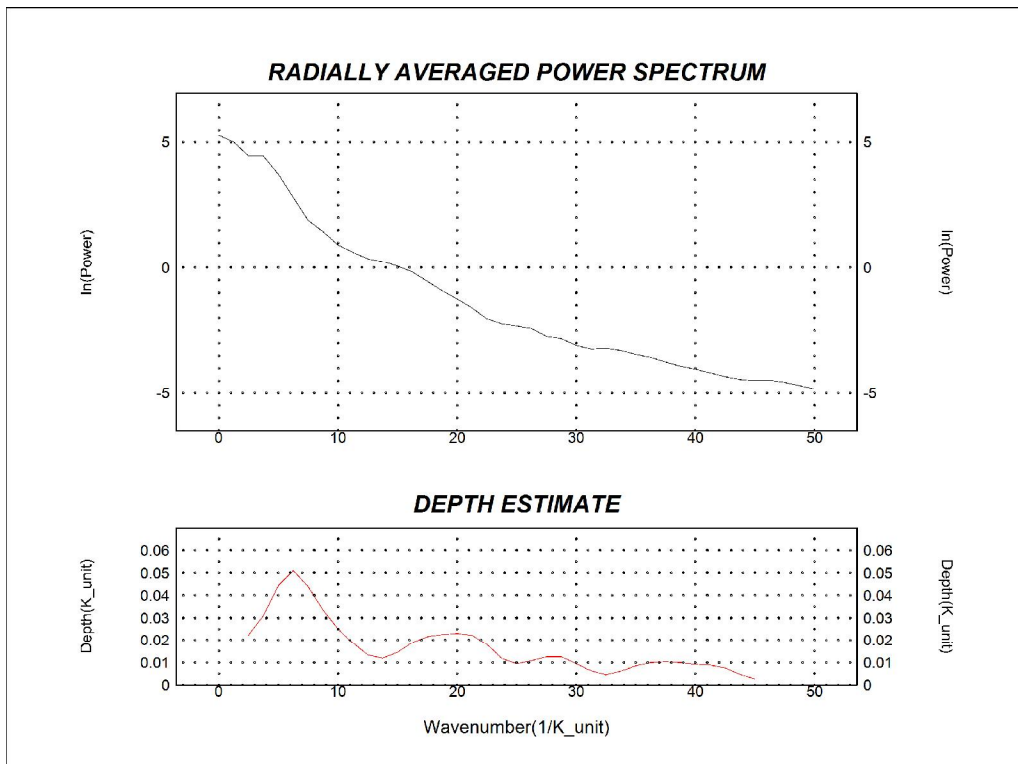
نقشه شماره ۷- نقشه برگردان به قطب (ادامه فراسو تا ۶۰ متر)



نقشه شماره ۸- نقشه سیگنال تحلیلی



نقشه شماره ۹- نقشه سیگنال تحلیلی (تهیه شده از ادامه فراسو تا ۲۰ متر)



نمودار شماره ۱ - نمودار تخمین عمق با استفاده از طیف توان انرژی

## ۴-۲- نتیجه گیری

بطور کلی میتوان چند مطلب را با استفاده از نتایج مطالعات ژئوفیزیک مطرح کرد:

۱- بر روی نقشه برگردان به قطب مغناطیس دو بیهنجاری قابل جداسازی است که به صورت محدوده های جدا شده با رنگ مشکی بر روی نقشه نشان داده شده است.

۲- دو محدوده با شدت بی هنجاری بالا در منطقه قابل مشاهده است که بیهنجاری کوچکتر در قسمت شمالی و بیهنجاری بزرگتر در قسمت مرکزی قرار داشته که دارای امتداد شرقی-غربی می باشد.

۳- در نقشه سیگنال تحلیلی دو بی هنجاری واقع در قسمت مرکزی به یکدیگر نزدیک شده و در نقشه های ادامه فراسوی تهیه شده با هم یکی می شوند که نشان دهنده این نکته می باشد که ممکن است این بیهنجاری ها دارای یک ریشه باشند. بخش مرکزی مجموعاً مساحتی حدود  $200 \times 200$  متر را پوشانده است.

۴- نقشه های فراسوی تهیه شده برای اعماق مختلف نشان دهنده این نکته می باشد که بیهنجاری شرقی در مرکز که دارای وسعت بیشتری می باشد، عمیقتر بوده در حالی که بیهنجاری شمالی و غربی سطحی تر است.

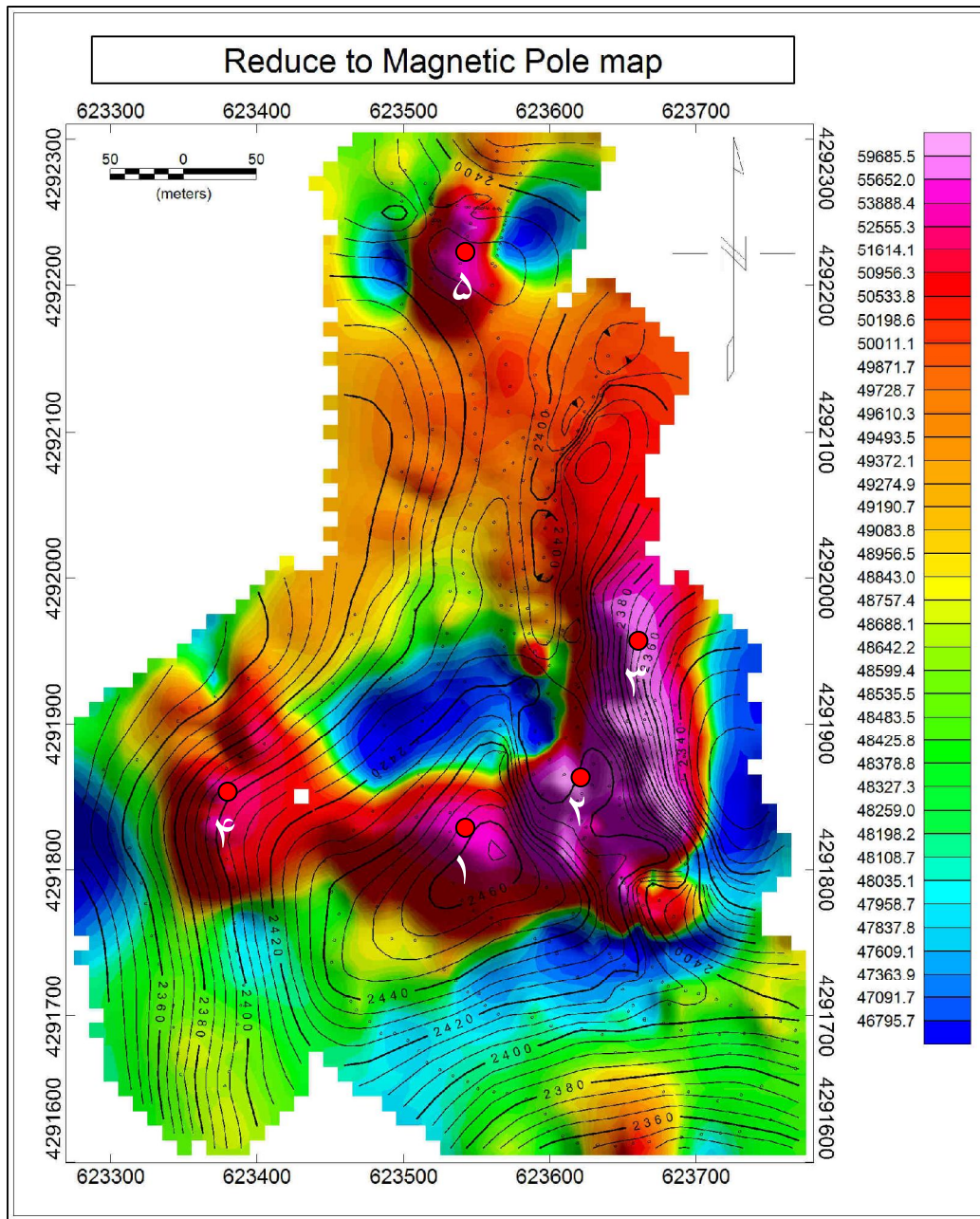
۵- با توجه به نمودار تخمین عمق با استفاده از طیف توان انرژی، بیهنجاری در اعماق بیشتر از ۵۰ متر قرار ندارد.

### ۳-۴- پیشنهادات

ایستگاه های زیر با توجه به برداشتهای مغناطیس جهت حفاری پیشنهاد می گردد:

BH1	X	Y
۱	۶۲۳۵۳۱/۵	۴۲۹۱۸۲۵
۲	۶۲۳۶۳۹/۵	۴۲۹۱۸۶۲
۳	۶۲۳۶۵۶/۹	۴۲۹۱۹۴۶
۴	۶۲۳۳۷۱/۲	۴۲۹۱۸۳۱
۵	۶۲۳۵۳۴	۴۲۹۲۲۲۳

نقشه شماره ۱۰ محل حفاری ها را روی نقشه کاهش به قطب نشان می دهد.



نقشه شماره ۱۰- محل حفاری های پیشنهادی

## تشکر و قدردانی

در اینجا لازم می دانیم از جناب آقای مهندس ابراهیم شاهین مدیریت محترم پشتیبانی اکتشاف ،  
آقای مهندس علیرضا عامری رئیس گروه ژئوفیزیک که در مراحل مختلف تهیه این گزارش و بازخوانی  
آن اینجانبان را یاری دادند و همچنین از آقای دکتر مختاری به جهت راهنمایی های ایشان راجع به زمین  
شناسی منطقه ، تشکر و قدردانی نماییم.

فیروز جعفری

امین اسماعیل زاده