



مطالعات ژئوفیزیک به روش مغناطیس‌سنجی در محدوده مجیدآباد، شمال شرق اهر، استان آذربایجان شرقی

حانیه بابائی^{۱*}، سید غفور علوی^۱، وارطان سیمونز^۱
^۱ گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز
h.babai7394@gmail.com

چکیده

منطقه مورد نظر به مساحت ۵/۶ کیلومتر مربع در استان آذربایجان شرقی، در ۳۲ کیلومتری شمال شرق اهر واقع گردیده است. این محدوده از لحاظ تقسیم بندی ساختاری-تکتونیکی در زون البرز قرار دارد و بخشی از حاشیه انتهایی نوار پلوتونیک ارومیه-دختر است. واحدهای تشکیل دهنده منطقه شامل سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن با ترکیب آندزیتی تا تراکی آندزیتی تا تراکی بازالتی و توده های نفوذی الیگوسن با ترکیب مونزودیوریتی و گابرو و واحدهای کواترنری می‌باشند. در تفسیر نقشه‌های مغناطیسی محدوده مورد مطالعه از دو روش کیفی و کمی استفاده گردید. در روش کیفی با استفاده از نقشه‌های مغناطیسی از جمله نقشه شدت کل میدان، نقشه مشتق قائم، نقشه ادامه فراسو و میدان مغناطیسی از لحاظ شدت و ضعف بررسی شد و گسترش جانبی، عمق نسبی بی‌هنجاری‌ها، گسل‌های احتمالی و مناطق مهم از نظر اکتشاف مشخص شد. در روش کمی، ناهنجاری‌های مورد توجه به صورت عددی مورد محاسبه قرار گرفت و مشخصات ناهنجاری از قبیل عمق، جنس، شکل شیب و گسترش بررسی گردید.

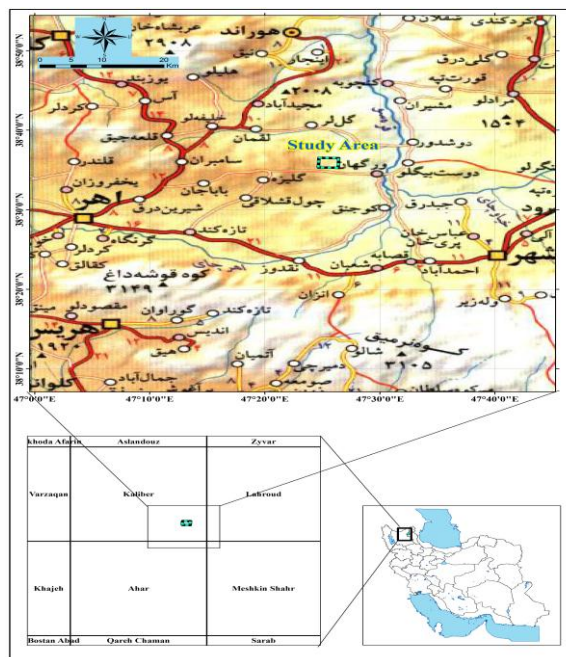
واژه‌های کلیدی: ژئوفیزیک، مغناطیس‌سنجی، نقشه‌های مغناطیسی، مجیدآباد



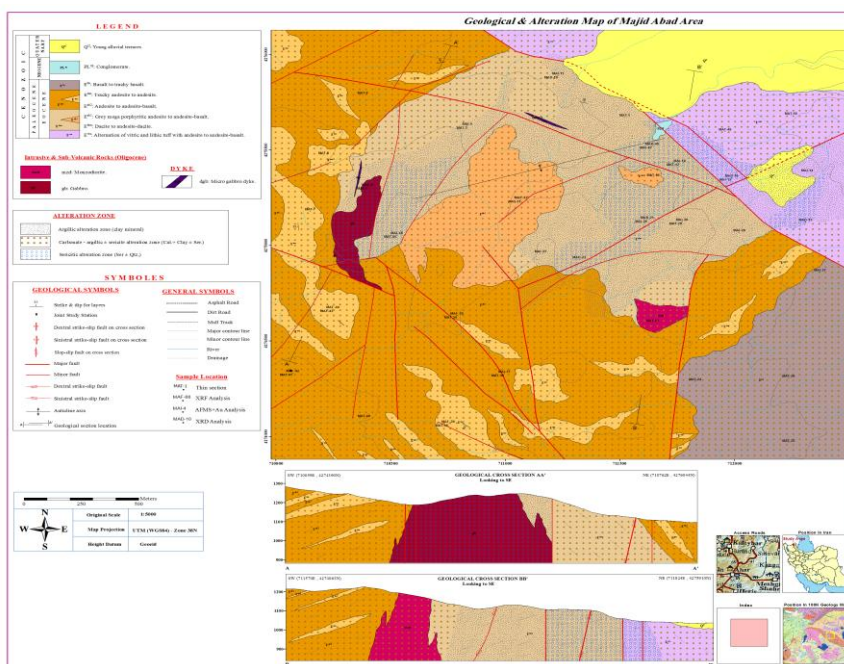
۱. مقدمه

کمر بند ارسباران در شمال غربی ایران واقع بوده و شامل مناطقی از جمله اهر، کلیبر، ورزقان، سیه رود و بخش‌های از شمال و غرب مشکین شهر است. برخی زمین‌شناسان این کمر بند را ادامه قفقاز کوچک در نظر می‌گیرند که با روند شمال غرب-جنوب شرق وارد ایران می‌شود [۱]. عده‌ای آن را بخشی از زون ارومیه-دختر در نظر می‌گیرند [۲] و عده‌ای دیگر آن را کمر بند ماگمایی مجزا در نظر می‌گیرند که از البرز تا شمال شرق ترکیه کشیده شده است [۳، ۴ و ۵]. این کمر بند دارای برون‌زدهای گسترده‌ای از رسوبات فیلیشی پالئوسن و سنگ‌های آذرین آتشفشانی و درونی ائوسن تا میوسن است. ماگماتیسم سنوزویک که از ائوسن آغاز می‌شود عمدتاً آتشفشانی است که اغلب ماهیت اسیدی و حد واسط دارند. از ائوسن بالایی تا میوسن، فعالیت آذرین بیشتر به شکل توده‌های نفوذی بروز می‌کند که با کانی‌سازی و دگرسانی گسترده‌ای همراه است [۶]. بخش‌های وسیعی از سنگ‌های ماگمایی به ویژه سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری آن دگرسان شده‌اند [۷]. توالی سنگ‌های مطالعه شده در این پهنه شامل دو دوره اصلی الیگوسن پسین - میوسن پیشین است [۸].

منطقه مجیدآباد به مختصات جغرافیایی ۳۹° ۲۴' ۴۷" تا ۲۵° ۲۶' ۴۷" طول شرقی و ۳۵° ۳۸' ۳۸" الی ۲۹° ۳۶' ۳۸" عرض شمالی، در ۳۲ کیلومتری شمال شرق شهرستان اهر در استان آذربایجان شرقی، شمال غرب ایران واقع است. راه دسترسی به این محدوده از طریق جاده اهر- هوراند می‌باشد که بعد از طی حدود ۱۴ کیلومتر به سمت شمال شرق و عبور از روستا شیرین درق به دوراهی روستای باباجان رسیده پس از طی حدود ۲۰ کیلومتر و عبور از این روستا، از سمت جنوب غرب می‌توان به محدوده دست یافت (شکل ۱). واحدهای سنگی آتشفشانی-آذرآواری تفکیک شده در محدوده مجیدآباد به ترتیب سنی از قدیم به جدید عبارتند از: تناوب ویتریک- لیتیک توف با گدازه‌های آندزیتی و آندزیت بازالتی (E^{via})، گدازه داسیت تا آندزیت داسیت (E^{dan})، گدازه‌های آندزیتی و آندزیت بازالتی مگاپورفیری تیره رنگ (E^{ab1})، گدازه‌های آندزیتی تا آندزیت- بازالتی (E^{ab2})، گدازه‌های آندزیتی تا تراکی آندزیتی (E^{tan}) و گدازه‌های بازالت تا تراکی بازالت (E^{ba}). واحدهای سنگهای آذرین نفوذی و ساب‌ولکانیک نیز عبارتند از: گابرو (gb)، مونزودیوریت (mzd) و دایک‌های میکروگابرو (dgb) (شکل ۲). مطالعات ژئوفیزیک به روش مغناطیس‌سنجی برای شناسایی ساختارهای مغناطیس در محدوده معدنی مجیدآباد در استان آذربایجان شرقی انجام شد تا با در اختیار داشتن این اطلاعات ساختارهای زیرسطحی محدوده معدنی بهتر شناسایی گردد و با استفاده از این داده‌ها دانش بهتری از تغییرات زیرسطحی زمین و موقعیت کانی سازی در منطقه به دست آید.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به محدوده مجیدآباد



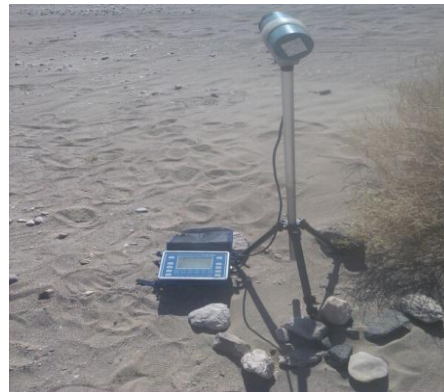
شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی محدوده مجیدآباد

۲. طراحی برداشت‌ها در محدوده مجیدآباد

طراحی شبکه نقاط برداشت منطقه اکتشافی ژئوفیزیک معمولاً پس از بررسی‌های اولیه زمین‌شناسی و توپوگرافی انجام می‌گیرد. اهمیت طراحی شبکه برداشت در این است که با طراحی و برداشت دقیق می‌توان باعث افزایش صحت مراحل بعدی، یعنی پردازش و تحلیل و تفسیر شد. همچنین در طراحی شبکه باید ابتدا هدف از برداشت را تعیین کرد چراکه طراحی باید متناسب با میزان دقت و جزئیات مورد نیاز از داده‌ها انجام شود. در طراحی شبکه برداشت باید پارامترهایی از جمله فواصل ایستگاه‌های برداشت، فاصله خطوط برداشت، امتداد خطوط برداشت، ارتفاع اندازه‌گیری، نوع دستگاه و غیره مشخص شوند. در محدوده مورد نظر، شبکه‌ای با ابعاد ۵۰×۵۰ با حدود ۵۶۰۰ نقطه طراحی و در مجموع ۵۹۳۵ نقطه برداشت شد.

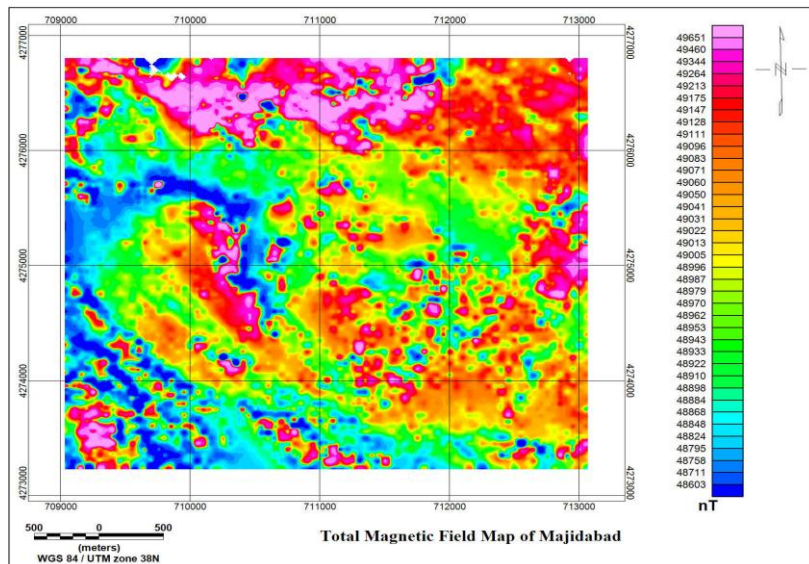
۳. عملیات برداشت داده‌ها

آگاهی از بی‌هنجاری‌های مغناطیسی مورد نظر در محدوده عملیات اکتشافی ژئوفیزیک ضروری است. در این کاوش بعد از طراحی شبکه برداشت داده‌ها، اندازه‌گیری میدان مغناطیسی با دو دستگاه مغناطیس‌سنج پروتون WCZ_2 جهت اندازه‌گیری تغییرات روزانه و دو دستگاه GEM_19T جهت اندازه‌گیری شدت میدان، با دقت ۰/۱ نانوتسلا انجام گرفته است. این دستگاه‌ها در (شکل ۳) نشان داده شده‌اند.



شکل ۳. دستگاه‌های مغناطیس‌سنج پروتون مورد استفاده در برداشت داده و ایستگاه مبنا

ارتفاع سنسور مغناطیسی از سطح زمین ۲ متر انتخاب گردید. در این برداشت تلاش شده که فاصله نقاط برداشت ۵۰ متر باشد. برای کنترل کیفیت داده‌ها، قرائت‌های تکراری از هر نقطه انجام گرفته و بعد از حصول اطمینان از صحت و تکرارپذیری قابل قبول اندازه‌گیری، مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار خطای اندازه‌گیری در دستگاه ثبت گردیده‌است. موقعیت جغرافیایی نقاط برداشت، توسط دستگاه GPS دستی ثبت شده‌است. در (شکل ۴) نقشه شدت میدان کل حاصل از داده‌های خام و پردازش نشده نشان داده شده‌است.



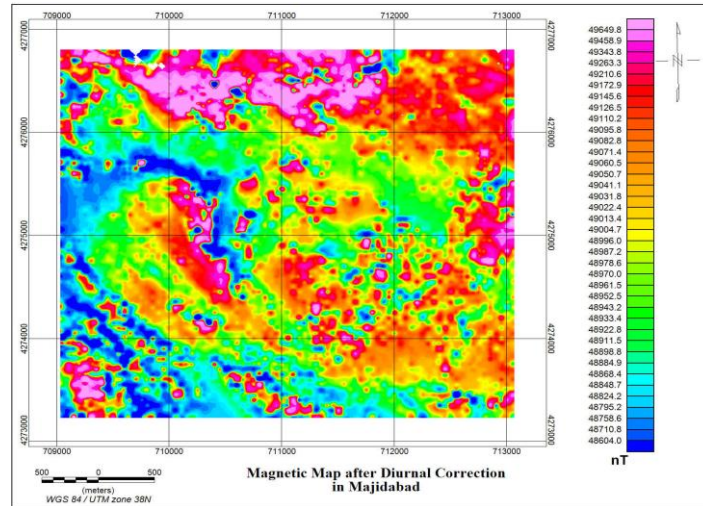
شکل ۴. نقشه شدت کل میدان حاصل از داده‌های خام و پردازش نشده در محدوده مجیدآباد

۴. پردازش داده‌ها

داده‌های حاصل از عملیات صحرایی ژئوفیزیکی به روش مغناطیس‌سنجی با استفاده از نرم‌افزار Geosoft مورد پردازش قرار گرفته و خروجی‌ها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS به صورت نقشه ترسیم شده‌اند. آنچه به طور معمول در اولین مرحله پردازش پس از طراحی عملیات برداشت‌های مغناطیسی زمینی صورت می‌گیرد، پیاده‌سازی شبکه نقاط بر روی منطقه مورد مطالعه است که اصطلاحاً مختصات‌دار کردن داده‌های برداشت نامیده می‌شود. در مرحله مختصات‌دار کردن داده‌های مغناطیسی نکته اساسی این است که از هر روشی استفاده شود، مختصات نقاط و داده‌ها به صورت مجزا موجود بوده و مستقیماً به هم نسبت داده نشده‌اند. در این مرحله می‌بایست بر اساس نام‌گذاری خاص یا پارامتر مشترک استفاده شده، به هر یک از داده‌های برداشت شده، مختصات متناظر آن نسبت داده شود. پس از مختصات‌دار کردن داده‌های برداشت شده، کیفیت داده‌ها مورد کنترل قرار



می‌گیرد. اولین مرحله کنترل، بررسی صحت پیاده‌سازی شبکه نقاط بر روی منطقه می‌باشد. در مرحله دوم، داده‌ها بررسی می‌شوند تا در محدوده ناحیه اشباع دستگاه برداشت نشده باشند و در مرحله‌ی آخر، پروفیل نقاط براساس مختصات برداشت شده ترسیم می‌شود و چنانچه نقطه‌ای در روند داده‌های برداشت شده به صورت تکینه ظاهر شود و هیچ توجیهی برای آن وجود نداشته باشد، این داده باید از بانک داده‌ها حذف گردد. مرحله‌ی بعدی پردازش داده‌ها، تصحیح تغییرات روزانه میدان مغناطیسی می‌باشد، که در (شکل ۵) نقشه داده‌های مغناطیسی پس از تصحیح روزانه نشان داده شده‌است.

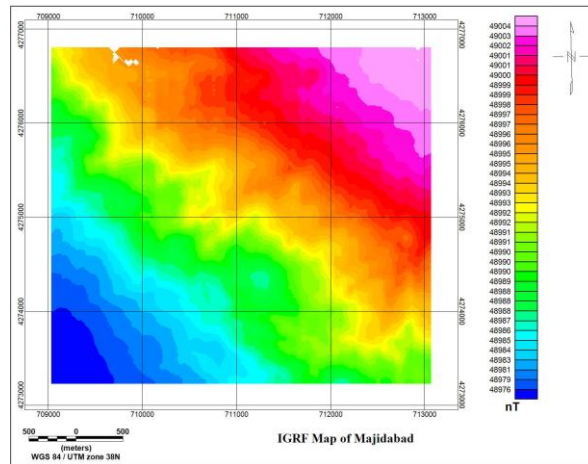


شکل ۵. نقشه داده‌های مغناطیسی پس از تصحیح روزانه در محدوده مجیدآباد

۱.۴ حذف مؤلفه میدان مغناطیسی هسته زمین (تصحیح IGRF)

مؤلفه میدان مغناطیس هسته‌ی زمین تابع پتانسیلی است که به زمان، عرض و طول جغرافیایی وابسته می‌باشد و دارای پریود تغییرات بلند مدت از مرتبه چندین سال است. افزایش ارتفاع باعث کاهش میدان مغناطیسی می‌شود. این مقدار در قطب‌ها برابر 0.3 - نانوتسلا بر متر و در استوا 0.15 - نانوتسلا بر متر می‌باشد که مقدار اندکی است. همچنین میدان مغناطیسی زمین از 25000 نانوتسلا در استوا تا 69000 نانوتسلا در قطب‌ها متغیر است که نشان‌دهنده وابستگی میدان مغناطیسی به عرض جغرافیایی می‌باشد. البته وابستگی میدان مغناطیسی زمین به عرض جغرافیایی بسیار بیشتر از طول جغرافیایی است. مقدار میدان به زمان هم بستگی دارد که به همین منظور، ایستگاه‌های ثابتی برای اندازه‌گیری تغییرات این مؤلفه از میدان مغناطیسی زمین در سرتاسر جهان دایر شده‌اند. این مراکز به طور دائم به اندازه‌گیری تغییرات مؤلفه‌های میدان مغناطیسی زمین مشغول هستند. سازمان جهانی IAGA از این مشاهدات یک مدل ریاضی به نام میدان مرجع مغناطیسی جهانی، با نام اختصاری IGRF منتشر کرده‌است.

پس از حذف تغییرات زمانی میدان، نیاز به حذف مؤلفه میدان مغناطیسی هسته زمین توسط برنامه IGRF می‌باشد. ورودی این برنامه طول و عرض جغرافیایی منطقه، ارتفاع و زمان برداشت است و خروجی آن شیب میدان زمین، زاویه انحراف و اندازه مؤلفه‌های میدان می‌باشد. در (شکل ۶) نقشه میدان مغناطیسی هسته زمین (IGRF) در محدوده مجیدآباد نمایش داده شده‌است. مقدار میانگین شدت میدان IGRF در محدوده مورد مطالعه 48991 نانوتسلا و مقدار زاویه میل مغناطیسی 57.7 درجه و زاویه انحراف مغناطیسی 5.8 درجه می‌باشد.



شکل ۶. نقشه میدان مغناطیسی هسته زمین (IGRF) در محدوده مجیدآباد.

۵. شرح و تفسیر نقشه‌ها

در نقشه‌های شدت میدان مغناطیسی کل، تغییرات شدت میدان معمولاً بصورت پروفیل، خطوط هم‌شدت و ... تهیه می‌شوند. خطوط هم‌شدت میدان یا کانتورهای مغناطیسی تعریف بهتری از گرادیان میدان ارائه می‌دهند که برای تخمین عمق و شیب آنومالی ضروری است. پروفیل‌ها نیز جزئیات بهتری را در صورت لزوم نشان می‌دهند. برای به دست آوردن اطلاعات با ارزش‌تر و جزئیات بیشتر جهت تفسیر، فرآیندهای تبدیلی و فیلترهای مختلفی به کار می‌رود.

در تفسیر و تحلیل مغناطیسی هدف تعیین عمق، شکل و جنس چشمه‌های مغناطیسی است و از ابزارهای متفاوتی برای رسیدن به این هدف استفاده می‌شود. تفسیر در دو مرحله کیفی و کمی انجام می‌شود. در تفسیر کیفی داده‌ها، بدون انجام محاسبات ریاضی، با استفاد از نقشه‌ها و منحنی‌های به دست آمده از عملیات مغناطیس‌سنجی، اطلاعاتی از گستره مورد بررسی به دست می‌آید. در این حالت هیچ کدام از شاخصه‌های مدل محاسبه نمی‌شود و فقط بی‌هنجاری پردازش شده مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در تفسیر کمی، از اطلاعات به دست آمده و نقشه‌های تهیه شده در تفسیر کیفی داده‌ها و دانش زمین‌شناسی استفاده می‌شود و می‌توان مدل تقریبی بی‌هنجاری‌ها را شناسایی کرد. در تفسیر کمی و عددی بیشتر با محاسبات عددی و به دست آوردن پارامترهای مجهول سروکار خواهیم داشت. این قسمت شامل برآورد ژرفای بی‌هنجاری‌های مغناطیسی، الگوی هندسه‌ی بی‌هنجاری و خودپذیری مغناطیسی سنگ‌ها و واحدهای مؤد بی‌هنجاری می‌باشد.

از آنجا که روش اکتشاف مغناطیسی یکی از روش‌های رایج و مهم ژئوفیزیکی است، هدف رسیدن به نتایج دقیق و قابل اعتماد می‌باشد تا بتوان با برآورد مناسب، عمق، شکل و همچنین ماهیت بی‌هنجاری پنهان درون زمین را به دست آورد.

برای کمک به تفسیر و آسان ساختن کار، از فیلترهای متفاوتی مانند تبدیل به قطب، مشتق اول قائم، ادامه فراسو و ... استفاده می‌شود که محاسبه همه‌ی این فیلترها در حوزه مکان یا فرکانس با استفاده از تبدیل فوریه انجام می‌گردد. در ادامه به بررسی برخی از فیلترها پرداخته شده‌است.

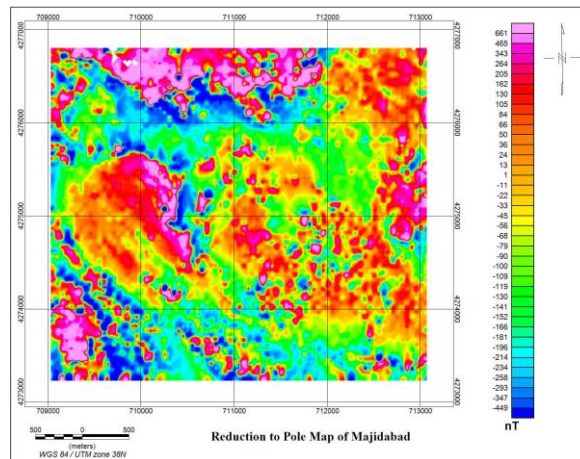
۱.۵. فیلتر تبدیل به قطب

چنانچه بردار مغناطیسی و میدان خارجی هر دو قائم نباشند، فازی به بی‌هنجاری مغناطیسی نسبت داده می‌شود که می‌تواند بی‌هنجاری را به طور افقی جابه‌جا کند و شکل و علامت آن را تغییر دهد. این پیچیدگی اضافی از داده‌های مغناطیسی را می‌توان با اعمال فیلتر تبدیل به قطب تصحیح کرد. میانگین شدت میدان زمین مرجع ۴۸۹۹۱ نانوتسلا و زاویه میل و انحراف میدان مغناطیسی در محدوده مورد بررسی ۵۷/۷ و ۵/۸ درجه می‌باشد. نقشه برگردان به قطب این ناحیه در (شکل ۷) نشان داده شده‌است.

همان‌طور که در نقشه برگردان به قطب دیده می‌شود، در مرکز محدوده که واحدهای آندزیت بازالتهای مگاپورفیری و گدازه‌های لاتیت پورفیری و تراکیتی رخنمون دارند شدت میدان متوسط تا بالا بوده و به صورت بی‌هنجاری‌های منفرد با شدت بالای مغناطیسی دیده می‌-



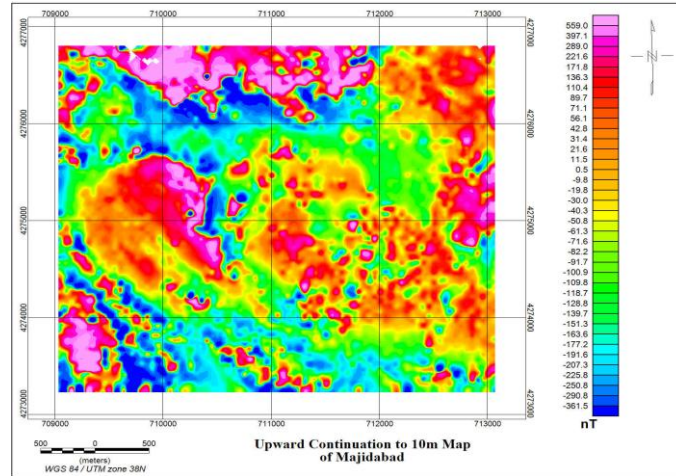
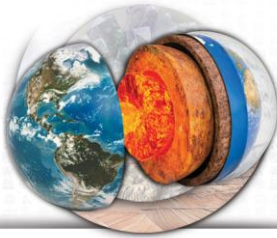
شود. روند عمومی بی‌هنجاری مرکز محدوده شمال غربی-جنوب شرقی است که توسط گسل‌هایی از قسمت شمال و شمال غرب و نیز جنوب غرب محدوده جدا می‌شود. در قسمت جنوب غرب، بر روی واحدهای گدازه‌های آندزیتی-لاتیت‌آندزیتی و شمال غرب و شمال محدوده بر روی واحدهای ایگنمبریتی-داسیتی نیز بی‌هنجاری‌های شدت بالا با بافت ولکانیکی شاخص مشاهده می‌شود. در قسمت شمال شرق محدوده نیز شدت میدان متوسط با بافت نسبتاً هموار دیده می‌شود. واحدهای آندزیت بازالتهای مگاپورفیری مرکز محدوده نیز شدت بالای مغناطیسی به صورت دو قطبی از خود نشان می‌دهند.



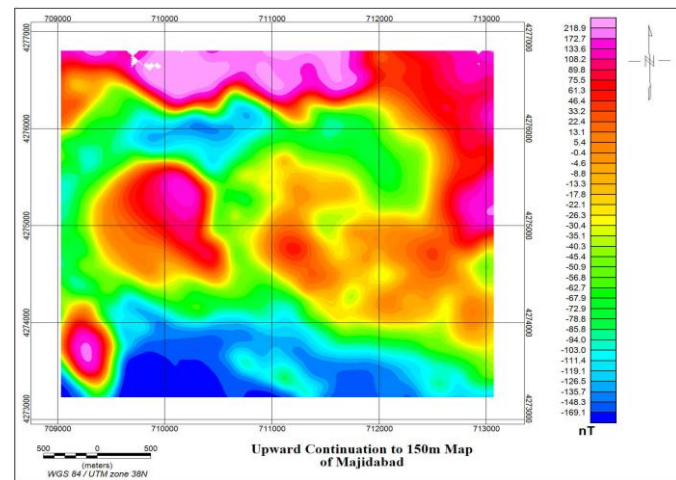
شکل ۷. نقشه برگردان به قطب به دست آمده از داده‌های محدوده مجیدآباد.

۲.۵. فیلتر ادامه فراسو

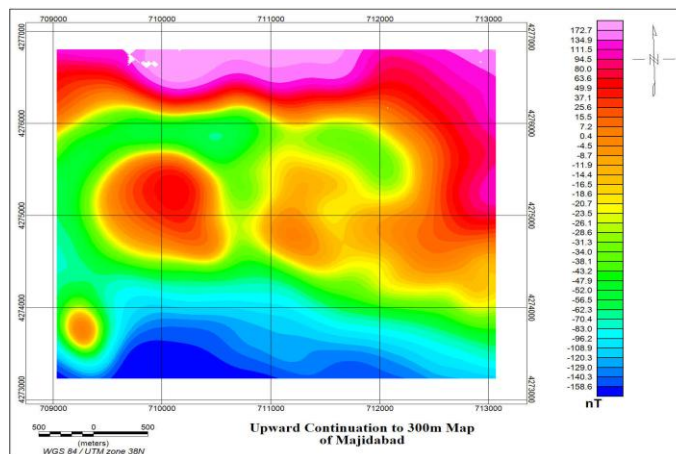
همان‌طور که گفته شد، بی‌هنجاری‌ها و ساختارهای مغناطیسی در اعماق مختلفی قرار دارند. برای جداسازی این بی‌هنجاری‌ها می‌توان از فیلترهای متفاوتی استفاده کرد. برای نمونه از فیلتر ادامه فراسو جهت شناسایی ساختارهای عمیق استفاده می‌شود. در اشکال ۸ تا ۱۰ نقشه‌های ادامه فراسو به ارتفاع ۱۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ متر در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده‌است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش ارتفاع این فیلتر، آنومالی‌های سطحی بیشتر از بین می‌روند و بی‌هنجاری‌های عمیق بارز می‌گردند (باقی می‌ماند). نکته قابل توجه اینکه با افزایش ارتفاع ادامه فراسو نمی‌توان در مورد عمق کف بی‌هنجاری‌ها اظهار نظر نمود. برای این منظور با استفاده از مدل‌سازی دوبعدی یا سه بعدی می‌توان به طور تقریب اظهار نظر کرد. همان‌طور که در نقشه‌های ادامه فراسو دیده می‌شود، با افزایش ارتفاع ادامه فراسو، بی‌هنجاری‌های مغناطیسی محدوده تضعیف گردیده‌اند به طوری‌که در شمال محدوده بی‌هنجاری‌های شدت بالا و در مرکز محدوده بی‌هنجاری‌ها شدت متوسط و در جنوب محدوده بی‌هنجاری‌ها شدت پایین پیدا کرده‌اند. در نقشه ادامه فراسوی ۳۰۰ متر، در مرکز محدوده واحد آندزیت بازالتهای مگاپورفیری با شدت متوسط مشخص شده و در بی‌هنجاری‌های شمال نقشه نیز دارای شدت بالا هستند که نشان از ادامه گسترش عمقی آنها است.



شکل ۸. نقشه ادامه فراسو به ارتفاع ۱۰ متر در محدوده مجیدآباد



شکل ۹. نقشه ادامه فراسو به ارتفاع ۱۵۰ متر در محدوده مجیدآباد

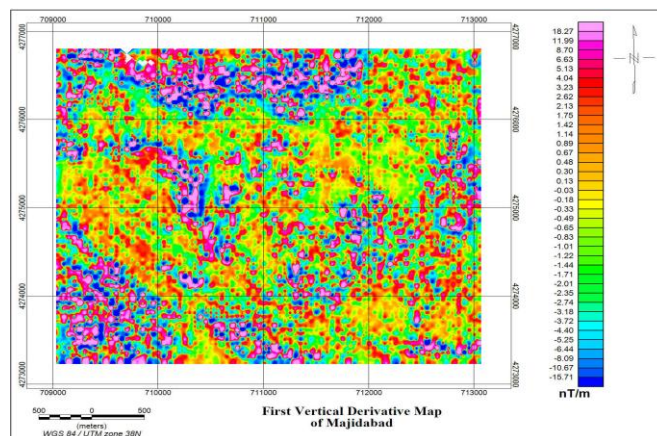


شکل ۱۰. نقشه ادامه فراسو به ارتفاع ۳۰۰ متر در محدوده مجیدآباد



۳.۵. فیلتر مشتق اول قائم

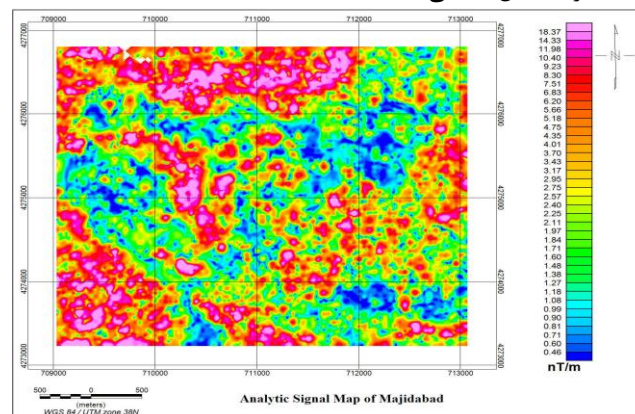
بی‌هنجاری‌های مغناطیسی به دو دسته بزرگ مقیاس و کوچک مقیاس تقسیم می‌شوند. در تفسیر داده‌های ژئوفیزیکی، جداسازی و تشخیص بی‌هنجاری‌های منطقه‌ای و بی‌هنجاری‌های کوچک مقیاس محلی از یکدیگر امری مهم و ضروری است. از روش‌های این جداسازی می‌توان مشتقات میدان را نام برد. همانطور که در (شکل ۱۱) مشاهده می‌شود، با اعمال تبدیل مشتق قائم مرتبه اول، پاسخ‌های مغناطیسی عمیق به خاطر طول موج بلندشان از بین رفته و در مقابل پاسخ‌های مغناطیسی طول موج کوتاه به خاطر منشأ سطحی آن‌ها برجسته شده‌اند. با حذف اثر آنومالی‌های عمیق در این نقشه‌ها، اکنون می‌توان روند اصلی بی‌هنجاری‌های سطحی‌تر را مشاهده کرد. با توجه به نقشه مشتق اول قائم، واحدهای شدت بالا آندزیتی، تراکیتی، آندزیت بازالتی، ایگنمبریتی - داسیتی موجود در محدوده دارای مقادیر مشتق بالا هستند.



شکل ۱۱. نقشه مشتق اول قائم بی‌هنجاری مغناطیسی در محدوده مجیدآباد

۴.۵. فیلتر سیگنال تحلیلی

این فیلتر یک کمیت اسکالر است که برابر با جذر مجموع مربعات مشتقات میدان مغناطیسی در جهات مختلف می‌باشد. این فیلتر به طور معمول بر روی لبه و یا محل بی‌هنجاری‌های مغناطیسی دارای مقادیر بیشینه است. مقادیر این فیلتر نیز تابعی از عمق و خودپذیری منابع مغناطیسی بوده و با افزایش و یا کاهش آنها تغییر میکنند. در (شکل ۱۲) نقشه سیگنال تحلیلی محدوده مجیدآباد نشان داده شده است. در این نقشه بر روی نواحی دارای شدت بالای مغناطیسی مقادیر سیگنال بالا مشاهده می‌شود و در نواحی دارای تغییرات کم میدان، مقادیر سیگنال پایین دیده می‌شود. در این نقشه نیز همانند نقشه‌های مشتق اول قائم و مشتق افقی بر روی واحدهای آندزیتی، آندزیتی بازالتی و تراکیتی و ایگنمبریتی - داسیتی مقادیر سیگنال تحلیلی بالاست.



شکل ۱۲. نقشه سیگنال تحلیلی داده‌های مغناطیسی سنجی محدوده مجیدآباد.

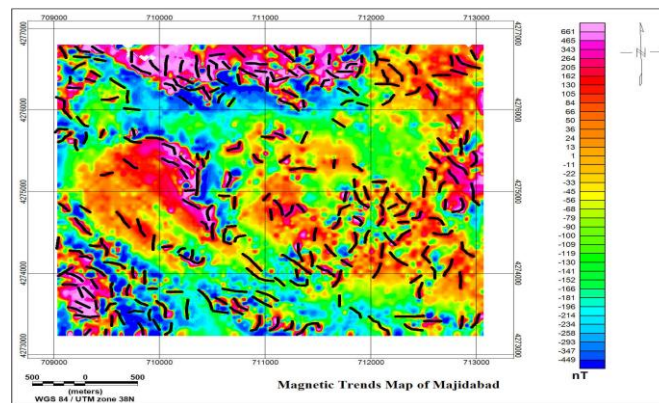


۵.۵. تحلیل کیفی محدوده مجیدآباد

در فرآیند تفسیر کیفی داده‌ها، همان‌طور که اشاره شد، بدون انجام محاسبات ریاضی و فقط با استفاده از نقشه‌ها و منحنی‌های به دست آمده از عملیات مغناطیس‌سنجی، اطلاعاتی از گستره مورد بررسی به دست می‌آید. در این مرحله هیچ کدام از شاخصه‌های مدل محاسبه نمی‌شود و بی‌هنجاری موجود در نقشه‌های مغناطیسی پردازش شده مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۶.۵. روند بی‌هنجاری‌های مغناطیسی

در این محدوده برای رسم روندهای اصلی منطقه، روش دستی به کار برده شده و از نقشه بی‌هنجاری مغناطیسی برگردان به قطب و مشتق اول قائم استفاده شده است. به این صورت که روندهای اصلی بر روی مقادیر ماکزیمم میدان مغناطیسی برگردان به قطب، ترسیم شده است (شکل ۱۳).



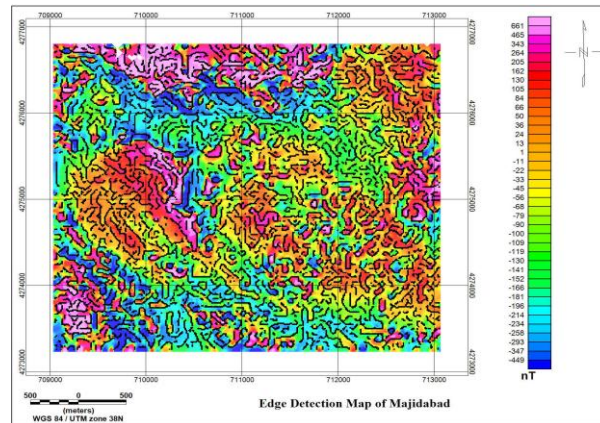
شکل ۱۳. نقشه روندهای مغناطیسی بی‌هنجاری‌های اصلی در محدوده مجیدآباد

۷.۵. تعیین مرز توده‌های مغناطیسی

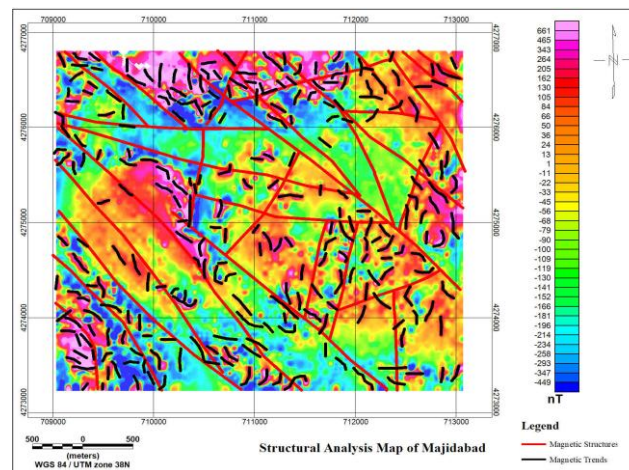
یکی از اهداف مهم در تفسیر کیفی داده‌های مغناطیسی، شناسایی نوع و مکان‌یابی سرچشمه‌های مغناطیسی زیرسطحی است. روش‌های گوناگونی برای تعیین لبه بی‌هنجاری‌های مغناطیسی وجود دارد که سازوکار همه‌ی آن‌ها بر پایه‌ی مشتق‌های قائم و افقی استوار است. ساده‌ترین روش شناسایی مرز، گرادیان افقی می‌باشد که مقدار بیشینه دامنه گرادیان افقی روی لبه‌های بی‌هنجاری تشکیل می‌شود. در این گزارش برای تعیین مرز بی‌هنجاری‌های مغناطیسی از روش زاویه تیلت گرادیان افقی (TAHG) استفاده شده است که از روش‌های بهبود یافته جدید می‌باشد. در روش مزبور برای تعیین مرز، گرادیان افقی کل بی‌هنجاری‌ها با استفاده از زاویه تیلت بهینه می‌شود. به منظور بارزسازی مرز تقریبی بی‌هنجاری‌های مغناطیسی در محدوده مورد مطالعه، که می‌تواند مرتبط با ساختارهای مغناطیسی موجود در منطقه باشد، مرزهای بی‌هنجاری‌ها با استفاده از روش TAHG و اعمال روش بلیکلی بر روی نقشه برگردان به قطب استخراج شده‌اند، که در (شکل ۱۴) نشان داده شده است. همان‌طور که در این نقشه دیده می‌شود، مرز بی‌هنجاری‌های مغناطیسی به خوبی مشخص گردیده و نیز ساختارهای مغناطیسی نیز در آنها قابل مشاهده است.

۸.۵. نقشه تحلیل ساختاری

با توجه به نقشه‌ی ساختارها و روندهای مغناطیسی موجود، می‌توان نقشه تحلیل ساختاری را برای منطقه ارائه کرد. همان‌طور که در شکل ۱۵ نشان داده شده است، خطوط مشکی روند بی‌هنجاری‌های مغناطیسی و خطوط قرمز ساختارهای مغناطیسی را نشان می‌دهند. بر این اساس روندهای شمال غربی - جنوب شرقی و شمالی - جنوبی در محدوده غالب هستند.



شکل ۱۴. نقشه تشخیص مرز بی‌هنجاری‌های مغناطیسی با استفاده از روش زاویه تیلت گرادیان افقی



شکل ۱۵. نقشه تحلیل ساختاری داده‌های مغناطیس‌سنجی منطبق بر نقشه بی‌هنجاری مغناطیسی برگردان به قطب

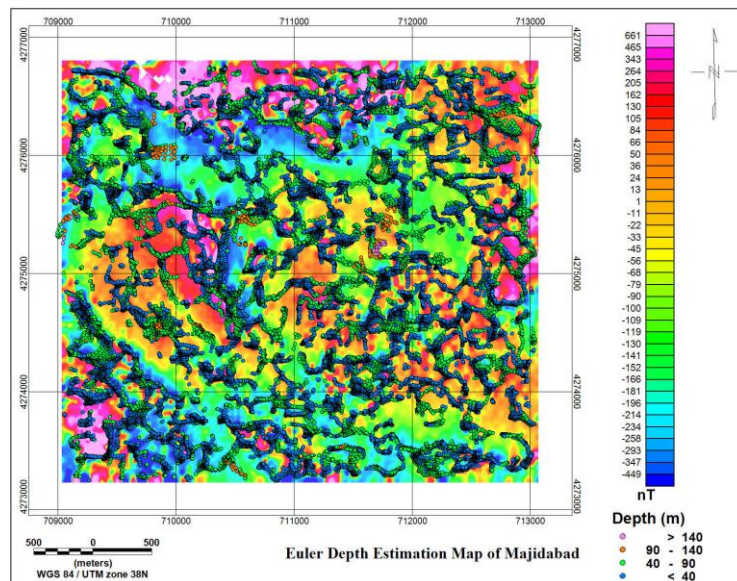
۹.۵. تخمین عمق به روش اویلر

بعد از آماده‌سازی شبکه داده‌ها و مشتقات، برای تخمین عمق منشأ آنومالی‌ها، روش اویلر بر روی داده‌های برداشتی مغناطیس‌سنجی زمینی محدوده مجیدآباد، که مراحل پردازش را سپری کرده‌اند، اعمال گردید. روش مورد استفاده برای محاسبه عمق اویلر در این منطقه روش اویلر استاندارد می‌باشد. پارامترهای مورد استفاده برای محاسبه عمق اویلر در جدول ۲ آورده شده‌است.

جدول ۱. پارامترهای مورد استفاده در محاسبه عمق اویلر

پارامتر	مقدار
اندیس ساختاری	۱/۵
حداکثر درصد تلورانس عمق	۱۰
اندازه پنجره	۱۲
حداکثر فاصله قابل قبول (متر)	۰
ارتفاع برداشت (متر)	۲

در (شکل ۱۶) عمق‌های بدست آمده از روش اویلر بر روی نقشه برگردان به قطب نمایش داده شده‌است. همانطور که در این شکل دیده می‌شود عمق بی‌هنجاری‌های مغناطیسی از ۱۰ تا ۱۸۵ متر با میانگین ۴۰ متر متغیر است. محل نقاط تخمین عمق در محدوده مورد مطالعه بر روی بی‌هنجاری‌های مغناطیسی و یا حاشیه‌های آنها قرار می‌گیرد.



شکل ۱۶. نتایج تخمین عمق به روش اویلر استاندارد بر روی نقشه بی‌هنجاری مغناطیسی منطقه

نتیجه گیری

مطابق با مطالعات ژئوفیزیکی، اطلاعات مغناطیسی در محدوده مطالعاتی در برخی مناطق تغییرات زیادی را از خود نشان می‌دهد که این عامل نشان دهنده آن است که توده نفوذی موجود در محدوده، قبل از دچار شدن به دگرسانی و خردشدگی خاصیت مغناطیسی بالایی داشته است و عوامل ثانویه باعث شده است تا از مقدار خاصیت مغناطیسی کاسته شود و در برخی موارد تهی شدگی مغناطیسی حادث شده است. تهی شدگی مغناطیسی یک نشانه مثبت برای ره‌گیری دگرسانی و کانی‌سازی مورد نظر در این منطقه است که این تهی شدگی‌ها در مناطق مختلف در کنار مناطقی که خاصیت مغناطیسی بالایی دارد نمایش داده شده‌اند. نتایج حاصل از این بررسی‌ها در قالب نقشه‌های شدت کل میدان مغناطیسی، برگردان به قطب، مشتق اول قائم و نقشه‌های ادامه فراسو ارائه گردیده است. همچنین نقشه‌ی ساختارهای مغناطیسی حاصل از تفسیر کمی داده‌ها نشان می‌دهد که ساختارهای غالب در منطقه شرقی-غربی و شمال غربی-جنوب شرقی هستند. نتایج محاسبات عمق اویلر در محدوده نیز عمق تقریبی ۱۰ تا ۱۸۵ متر با میانگین حدود ۴۰ متر را برای غالب بی-هنجاری‌ها نشان می‌دهد.

منابع

- [1] Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati di Brozolo, F. and Villari, L., 1982- Tertiary and quaternary volcanism of the Erzurumkars area (Eastern Turkey): geochronological data and geodynamic evolution, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 13, 223-240
- [2] Hezarkhani, A., 2006- Petrology of the intrusive rocks within the Sungun porphyry copper deposit, Azerbaijan, Iran, Journal of Asian Earth Sciences, 27(3), 326-340.
- [3] Dilek, Y., Imamverdiyev, N. and Altunkaynak, S., 2010- Geochemistry and tectonics of Cenozoic volcanism in the Lesser Caucasus (Azerbaijan) and the peri-Arabian region: collision-induced mantle dynamics and its magmatic fingerprint, International Geology Review, 52(4-6), 536-578.
- [4] Dercourt, J.E, Zonenshain, LP, Ricou, LE, Kazmin, V. G., Le Pichon, X., Knipper, A.L., Grandjacquet, C., Sbertshikov, I.M., Geyssant, J., Lepvrier, C., Pechersky, D.H., 1986- Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamirs since the Lias, Tectonophysics, 123(1-4): 241-315.
- [5] Alavi, M., 2007- Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran. American Journal of science, 307(9), 1064-1095.
- [6] Jamali, H., Dilek, Y., Daliran, F., Yaghubpur, A. and Mehrabi, B., 2010- Metallogeny and tectonic evolution of the Cenozoic Ahar-Arasbaran volcanic belt, northern Iran, International Geology Review, 52(4-6), 608-630.
- [7] Ghorbani, M., 2013- A summary of geology of Iran, In The Economic Geology of Iran, Springer, Dordrecht, 45-64.
- [8] Jamali, H. & Mehrabi, B., 2015- Relationships between arc maturity and Cu-MO-Au porphyry and related epithermal mineralization at the Cenozoic Arasbaran magmatic belt. Ore Geology Review 31, 123-138.