

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد ژئوفیزیک

مقایسه نتایج آشکارسازی لبه‌های اجسام آنومال با استفاده از اعمال روش‌های THDR-TDR،
ME و TAAS، THA روی داده‌های مغناطیس هوابرد منطقه‌ی شمال غرب ایران، مطالعه منطقه‌ی
تبریز

نگارنده

فهیمة معینی

اساتید راهنما

جناب آقای دکتر علی نجاتی کلاته

جناب آقای دکتر امین روشندل کاهو

تیرماه ۱۳۹۸

تقدیم بابوسه بردستان پدر بزرگوارم که استوار بودن را از او آموختم...

تقدیم بانهایت مهر به مادر عزیزتر از جانم که در وصفش نتوانم گفت...

و تقدیم به برادرم که وجودش پایه‌ی دلگرمی و مسرت من است....

پس خداوند متعال را که مراد به پایان رساندن پایان نامه‌ی پیش رویاری فرمود و همواره در همه‌ی عرصه‌های زندگی با

استعانت از آن ذات اقدس متعال توانستم بر مشکلات زندگی فائق آیم. بر خود لازم می‌دانم که در این جا از راهنمایی‌ها و

رهنمودهای اساتید بزرگوارم تشکر و قدردانی نمایم که البته سپاس از آن بزرگواران شکر خداوند را به جای آوردن است.

ابتدا از جناب آقای دکتر علی نجابی که مسیر را برای اینجانب هموار نموده و در انتخاب موضوع، راهنمایی‌ها و هدایت‌های بعد

از آن بنده را همراهی فرمودند بی‌نهایت تشکر و قدردانی نموده و پس از جناب آقای دکتر امین روشندل کاہو که در این مسیر

از یاری بنده دریغ نفرمودند کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایم. و از جناب آقای دکتر حمید آقا جانی که بنده افتخار نگارگری سر

کلاس ایشان را داشته‌ام، نیز به دلیل پذیرش داوری پایان نامه‌ی اینجانب پاسکوزاری می‌نمایم و هم چنین از جناب آقای

دکتر محمد راد که همواره در داوری پایان نامه شده‌اند تشکر می‌نمایم.

تعمیرنامه

اینجانب فهیمه معینی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته ژئوفیزیک / ژئومغناطیس دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه مقایسه نتایج آشکارسازی لبه‌های اجسام آنومال با استفاده از اعمال روش‌های THDR-TDR، THA، TAAS و ME روی داده‌های مغناطیس هوابرد منطقه‌ی شمال غرب ایران، مطالعه منطقه‌ی تبریز تحت راهنمایی جناب آقای دکتر علی نجاتی کلاته و جناب آقای دکتر امین روشندل کاهو 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 می‌باشد 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: ۹۸/۴/۹

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 می‌باشد . 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 نمی‌باشد.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- فهیمه معینی، علی نجاتی کلاته، امین روشندل کاهو، "مقایسه نتایج آشکارسازی لبه‌های اجسام آنومال بر داده‌های مغناطیس هوابرد"، چهارمین همایش ژئوفیزیک اکتشافی، تهران

چکیده

با توجه به اینکه گسل‌ها و شکستگی‌ها محل انباشته شدن ذخایر معدنی می‌باشد؛ آشکارسازی این شکستگی‌ها در اکتشاف و استخراج ذخایر معدنی حائز اهمیت می‌باشند. همچنین با وجود احتمال راندگی پنهان گسل‌ها و در پی آن بروز حوادث ناگهانی و فاجعه‌بار در مناطق شهرنشین، شناسایی و تعیین محل دقیق گسل‌ها می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. بکارگیری روش‌های تشخیص لبه در داده‌های میدان پتانسیل برای زمین‌شناسان نیز، می‌تواند در تعیین مرز ساختارهای زمین‌شناسی، شکستگی‌ها و خطواره‌های مغناطیسی ابزاری مفید واقع شود.

در این پژوهش سعی شده است دقت، عملکرد و وضوح تصویر خروجی چندین روش تشخیص لبه در داده‌های میدان پتانسیل با یکدیگر مقایسه شود، و در نهایت با بکارگیری روشی با وضوح و دقت بالاتر، بر داده‌ی مغناطیس‌هوایی محدوده‌ای واقع در استان آذربایجان شرقی امکان آشکارسازی گسل‌ها و خطواره‌های مدفون در زیر رسوبات فراهم آمده است؛ جهت دسترسی به این هدف، با اعمال این روش‌ها بر مدل مصنوعی و سپس بر روی داده‌ی مغناطیس‌هوایی منطقه‌ی مورد مطالعه نتیجه‌ی مورد نظر به دست آمده است. در این پایان‌نامه، به طور خاص، بر روی گسل تبریز مطالعه شده است. در این پژوهش، نتایج آشکارسازی روش‌های شیب مشتق شده از گرادیان کلی افقی (THDR-TDR)، شیب مشتق شده از گرادیان کلی افقی که توسط سیگنال تحلیلی نرمال شده است (THA)، زاویه شیب سیگنال تحلیلی (TAAS)، ضریب تانسورهای گرادیان (ME) و زاویه تتا بهبود یافته (ITM) مورد بررسی قرار گرفته است و در انتها، این نتیجه بدست آمد که اعمال روش ITM بر مدل مصنوعی وضوح و دقت بالایی داشته و نتیجه‌ی قابل قبولی ارائه می‌کند.

کلمات کلیدی: تشخیص لبه، گرادیان کلی افقی، زاویه شیب سیگنال تحلیلی، ضریب‌های تانسورهای گرادیان، زاویه تتا بهبود یافته، گسل تبریز

فهرست مطالب

۱	فصل ۱ : کلیات
۲	۱-۱ مقدمه.....
۳	۲-۱ تعریف مساله.....
۴	۳-۱ سوابق مطالعات صورت گرفته به منظور تشخیص لبه در داده‌های میدان پتانسیل.....
۶	۴-۱ ضرورت انجام تحقیق.....
۷	۵-۱ روش تحقیق.....
۷	۶-۱ ساختار پایاننامه.....
۹	فصل ۲ : داده‌های مغناطیس هوایی
۱۰	۱-۲ مقدمه.....
۱۰	۲-۲ کاربردهای روش مغناطیس هوایی.....
۱۰	۱-۲-۲ مطالعه و پی جویی ذخایر معدنی.....
۱۱	۲-۲-۲ تهیه نقشه های زمینشناسی (ساختاری)، تهیه نقشه های تکتونیک منطقه.....
۱۱	۳-۲-۲ تعیین عمق سنگ کف.....
۱۱	۴-۲-۲ مطالعات مهندسی.....
۱۲	۳-۲ پردازش داده های مغناطیس هوایی.....
۱۳	۱-۳-۲ پیش پردازش.....
۱۴	۲-۳-۲ اختلاف منظر.....

فصل ۳: معرفی روشهای تشخیص لبه

۲۱

۱-۳ مقدمه..... ۲۲

۲-۳ فیلتر زاویه شیب گرادیان کلی افقی..... ۲۲

۳-۳ روش نرمال شده ی زاویه شیب گرادیان کلی افقی با استفاده از دامنه ی سیگنال تحلیلی..... ۲۴

۴-۳ زاویه شیب سیگنال تحلیلی..... ۲۶

۵-۳ ضریب های تانسورهای گرادیان..... ۲۶

۶-۳ روش تصویرسازی زاویه تتا بهبودیافته..... ۲۷

فصل ۴: اعمال روشهای تشخیص لبه بر مدل مصنوعی

۲۹

۱-۴ مقدمه..... ۳۰

۲-۴ مدل مصنوعی اول..... ۳۰

۱-۲-۴ مدل مصنوعی اول با وجود نوفه..... ۳۸

۳-۴ مدل مصنوعی دوم..... ۴۲

فصل ۵: اعمال روش های تشخیص لبه بر داده های مغناطیس هوایی

۵۱

۵-۱ مقدمه..... ۵۲

۲-۵ داده ی مغناطیس هوا برد منطقه ی مورد مطالعه..... ۵۲

۳-۵ زمین شناسی منطقه مورد مطالعه..... ۵۳

۴-۵ اعمال روش های تشخیص لبه بر داده ی مغناطیس منطقه ی مورد مطالعه..... ۵۵

فصل ۶: نتیجه گیری و پیشنهادات

۶۵

۱-۶ نتیجه گیری..... ۶۶

۲-۶ پیشنهادات..... ۶۹

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۲: شمایی از ناهنجاری بعد از گذشتن از ساختار خطی..... ۱۶
- شکل ۲-۲: مسیر پرواز هواپیما به منظور تصحیح مربوط به جهت برداشت داده‌ها..... ۱۹
- شکل ۱-۴: نمایی از مدل مصنوعی در عمق‌های ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ متر..... ۳۰
- شکل ۲-۴: بی‌هنجاری ایجاد شده از بلوک‌های مغناطیده با مغناطیس‌شدگی $3/5 A/m$ در عمق-های ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ متر..... ۳۱
- شکل ۳-۴: تصویر خروجی اعمال فیلتر THDR-TDR بر داده‌ی مصنوعی..... ۳۲
- شکل ۴-۴: تصویر خروجی اعمال فیلتر THA بر داده‌ی مصنوعی با $F=0/5$ ۳۲
- شکل ۵-۴: تصویر خروجی اعمال فیلتر THA بر داده‌ی مصنوعی با $F=0/1$ ۳۳
- شکل ۶-۴: تصویر خروجی اعمال فیلتر THA بر داده‌ی مصنوعی با $F=0/0.1$ ۳۳
- شکل ۷-۴: تصویر خروجی اعمال فیلتر THA بر داده‌ی مصنوعی با $F=0/0.01$ ۳۴
- شکل ۸-۴: تصویر خروجی اعمال فیلتر TAAS بر داده‌ی مصنوعی..... ۳۴
- شکل ۹-۴: تصویر خروجی اعمال فیلتر ME بر داده‌ی مصنوعی..... ۳۵
- شکل ۱۰-۴: تصویر خروجی اعمال فیلتر ITM بر داده‌ی مصنوعی با $p=$ ۳۶
- شکل ۱۱-۴: تصویر خروجی اعمال فیلتر ITM بر داده‌ی مصنوعی با $p=3$ ۳۶
- شکل ۱۲-۴: تصویر خروجی اعمال فیلتر ITM بر داده‌ی مصنوعی با $p=5$ ۳۷
- شکل ۱۳-۴: تصویر خروجی اعمال فیلتر ITM بر داده‌ی مصنوعی با $p=7$ ۳۷
- شکل ۱۴-۴: تصویر خروجی اعمال فیلتر Tilt بر داده‌ی مصنوعی..... ۳۸
- شکل ۱۵-۴: تصویر خروجی اعمال نوفه‌ی یک درصد بر داده‌ی مصنوعی..... ۳۹
- شکل ۱۶-۴: تصویر خروجی اعمال روش THDR-TDR بر داده‌ی نوفه دار یک درصد..... ۳۹
- شکل ۱۷-۴: تصویر خروجی اعمال روش THA بر داده‌ی نوفه دار یک درصد..... ۴۰
- شکل ۱۸-۴: تصویر خروجی اعمال روش TAAS بر داده‌ی نوفه دار یک درصد..... ۴۰
- شکل ۱۹-۴: تصویر خروجی اعمال روش ME بر داده‌ی نوفه دار یک درصد..... ۴۱
- شکل ۲۰-۴: تصویر خروجی اعمال روش ITM بر داده‌ی نوفه دار یک درصد..... ۴۱
- شکل ۲۱-۴: تصویر خروجی اعمال روش Tilt بر داده‌ی نوفه دار یک درصد..... ۴۲
- شکل ۲۲-۴: نمایی از مدل مصنوعی با ضخامت ۱۰۰ متر و در عمق‌های ۲۰۰ متر و ۳۰۰ متر..... ۴۳

- شکل ۴-۲۳ ناهنجاری مغناطیسی ایجاد شده از مدل مصنوعی با مغناطیس‌شدگی ۱/۳۵ و ۴/۵
 ۴۳.....A/m
- شکل ۴-۲۴ تصویر خروجی اعمال فیلتر THDR-TDR بر داده‌ی مصنوعی ۴۴
- شکل ۴-۲۵ تصویر خروجی اعمال فیلتر THA با $F=0.1$ بر داده‌ی مصنوعی..... ۴۵
- شکل ۴-۲۶ تصویر خروجی اعمال فیلتر THA با $F=0.01$ بر داده‌ی مصنوعی..... ۴۵
- شکل ۴-۲۷ تصویر خروجی اعمال فیلتر THA با $F=0.001$ بر داده‌ی مصنوعی..... ۴۶
- شکل ۴-۲۸ تصویر خروجی اعمال فیلتر TAAS بر داده‌ی مصنوعی..... ۴۶
- شکل ۴-۲۹ تصویر خروجی اعمال فیلتر ME بر داده‌ی مصنوعی..... ۴۷
- شکل ۴-۳۰ تصویر خروجی اعمال فیلتر ITM با $p=1$ بر داده‌ی مصنوعی..... ۴۸
- شکل ۴-۳۱ تصویر خروجی اعمال فیلتر ITM با $p=5$ بر داده‌ی مصنوعی..... ۴۸
- شکل ۴-۳۲ تصویر خروجی اعمال فیلتر ITM با $P=10$ بر داده‌ی مصنوعی..... ۴۹
- شکل ۴-۳۳ تصویر خروجی اعمال فیلتر زاویه شیب بر داده‌ی مصنوعی..... ۴۹
- شکل ۵-۱: داده‌ی مغناطیس‌هوایی مربوط به بخشی از استان آذربایجان شرقی..... ۵۳
- شکل ۵-۲: نقشه‌ی زمین‌شناسی محدوده‌ی مورد مطالعه..... ۵۴
- شکل ۵-۳: نتیجه‌ی اعمال روش THDR-TDR بر داده‌ی مغناطیس‌هوایی و خطوط مشکی نشان
 دهنده‌ی گسل‌های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی..... ۵۶
- شکل ۵-۴: نتیجه‌ی اعمال روش THA با $F=0.001$ بر داده‌ی مغناطیس‌هوایی و خطوط مشکی
 نشان دهنده‌ی گسل‌های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی..... ۵۷
- شکل ۵-۵: نتیجه‌ی اعمال روش THA با $F=0.5$ بر داده‌ی مغناطیس‌هوایی و خطوط مشکی نشان
 دهنده‌ی گسل‌های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی..... ۵۸
- شکل ۵-۶: نتیجه‌ی اعمال روش TAAS بر داده‌ی مغناطیس‌هوایی و خطوط مشکی نشان دهنده‌ی
 گسل‌های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی..... ۵۹
- شکل ۵-۷: نتیجه‌ی اعمال روش ME بر داده‌ی مغناطیس‌هوایی و خطوط مشکی نشان دهنده‌ی
 گسل‌های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی..... ۶۰
- شکل ۵-۸: نتیجه‌ی اعمال روش ITM با $p=0.1$ بر داده‌ی مغناطیس‌هوایی و خطوط مشکی نشان
 دهنده‌ی گسل‌های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی..... ۶۱
- شکل ۵-۹: نتیجه‌ی اعمال روش ITM با $p=1$ بر داده‌ی مغناطیس‌هوایی و خطوط مشکی نشان
 دهنده‌ی گسل‌های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی..... ۶۲
- شکل ۵-۱۰: نتیجه‌ی اعمال روش ITM با $p=10$ بر داده‌ی مغناطیس‌هوایی و خطوط مشکی نشان
 دهنده‌ی گسل‌های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی..... ۶۲
- شکل ۵-۱۱: نتیجه‌ی اعمال روش زاویه شیب بر داده‌ی مغناطیس‌هوایی و خطوط مشکی نشان
 دهنده‌ی گسل‌های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی..... ۶۳

شکل ۶-۱ : نتیجه‌ی اعمال روش ITM بر داده‌ی مغناطیس هوایی ۶۸

فهرست جداول

جدول ۴-۱ : ابعاد مدل مصنوعی اول ۳۱

جدول ۴-۲ : ابعاد مدل مصنوعی دوم ۴۳

فصل ۱ : کلیات

۱-۱ مقدمه

روش‌های ژئوفیزیکی ابزاری مناسب و کارآمد چه از نظر زمان و چه از نظر هزینه برای اکتشاف مواد معدنی، هیدروکربنی، شناسایی لایه‌های زیرزمینی و نیز تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی می‌باشد. در اکتشافات ژئوفیزیکی برخی از مهم‌ترین خواص فیزیکی زمین توسط ابزارهای متناسب با ویژگی مورد نظر اندازه‌گیری شده و با تفسیر نتایج بدست آمده، شرایط زیر زمین مشخص می‌شود. خواصی از سنگ‌ها که در اکتشافات ژئوفیزیکی سنجیده می‌شوند؛ عبارتند از کشسانی، هدایت الکتریکی، خودپذیری مغناطیسی، چگالی و بکارگیری درجه‌ی رادیواکتیویته که تا حدی مورد استفاده می‌باشد. در اکتشافات ژئوفیزیکی معمولاً در پی کشف یک ناهنجاری یا به زبانی انحراف از مشخصات یکنواخت زمین‌شناسی هستند. تغییر ناگهانی در جنس مواد، برخورد به یک گسل یا یک منطقه خرد شده یا لایه‌های آبدار می‌تواند ناهنجاری‌هایی نسبت به شرایط طبیعی به حساب آیند. اهمیت روش‌های ژئوفیزیکی در آن است که به ژئوفیزیک‌دانان امکان می‌دهد تا خواص فیزیکی درون زمین را که از دسترس مستقیم انسان خارج هستند اندازه‌گیری نمایند. شاخه‌ی مغناطیس‌سنجی به بررسی تغییرات میدان مغناطیسی زمین می‌پردازد که این کار به دو روش انجام می‌گیرد؛ روش نقطه‌ای و روش منطقه‌ای. در روش نقطه‌ای، در نقاط مختلف زمین توسط دستگاه، تغییرات بررسی می‌شود؛ اما در روش منطقه‌ای این کار از طریق هوایی صورت می‌گیرد. در روش هوایی، منطقه‌ای وسیع در مدتی کوتاه و با هزینه‌ای نسبتاً کم مورد بررسی قرار می‌گیرد. تعیین محل برخورد یا مرز ساختارهای زمین‌شناسی می‌تواند یکی از موضوعات مهم و کاربردی در زیرشاخه‌های مختلف مجموعه علوم زمین، اکتشافات معدنی و ذخایر هیدروکربنی باشد. این مرزها در بیشتر موارد ولی نه همیشه به صورت گسل هستند. از آنجایی که گسل‌ها نشانگر نواحی فعال زمین‌ساختی هستند؛ بنابراین مطالعه آنها در مواردی مانند بررسی لرزه‌خیزی (در ارتباط با طرح‌های شهرسازی و عمرانی)، بررسی پتانسیل‌های معدنی (کانی‌زایی‌های مرتبط با شکستگی‌ها و نواحی گسل)، شناخت دقیق روندهای زمین‌ساختی و ... حائز اهمیت می‌باشند. در سال‌های اخیر مطالعه تصاویر

ماهواره‌ای برای گسل‌های آشکار و ژئوفیزیک هوایی برای ساختارهای گسلی پنهان، به منظور تهیه نقشه‌های سامانه گسلی مناطق مختلف متداول شده است. در این میان یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای تشخیص مرز ساختارها، استفاده از داده‌های مغناطیسی هوایی می‌باشد که تفسیر و مدل‌سازی حاصل از آن در شناسایی گسل‌های زیرسطحی و خطواره‌های مغناطیسی نقش بزرگی را ایفا می‌کند (امیرپور، ۱۳۹۴). با توجه به اینکه گسل‌ها و شکستگی‌ها محل انباشته شدن ذخایر معدنی می‌باشد؛ آشکارسازی این شکستگی‌ها در اکتشاف و استخراج ذخایر معدنی حائز اهمیت می‌باشند

۱-۲ تعریف مساله

بکارگیری روش‌های تشخیص لبه در داده‌های میدان پتانسیل می‌تواند برای زمین‌شناسان در تشخیص گسل‌ها، مرز ساختارها و خطواره‌های مغناطیسی ابزاری مفید باشد. با توجه به اینکه گسل‌ها و شکستگی‌ها محل انباشته شدن ذخایر معدنی می‌باشد؛ آشکارسازی این شکستگی‌ها در اکتشاف و استخراج ذخایر معدنی حائز اهمیت می‌باشند؛ همچنین اگر در میدان هیدروکربنی شکاف‌ها و شکستگی‌های حاوی مواد کربناته موجود باشد، تشخیص و شناسایی این گسل‌ها اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (کوثری و همکاران، ۱۳۹۳). آشکارسازی شکستگی‌ها و گسل‌های پنهان شده در زیر رسوبات که می‌تواند ادامه‌ی گسل‌های دارای رخنمون باشد؛ از این جهت در مناطق شهرنشین حائز اهمیت است که می‌توان با پیش‌بینی احتمالی پدیده‌ی رانش، از خسارات جبران‌ناپذیر جلوگیری به عمل آورد.

از بین روش‌های زیادی که به منظور تشخیص لبه در داده‌های میدان پتانسیل ارائه شده است می‌توان به روش‌های زاویه شیب گرادیان کلی افقی (THDR-TDR)^۱ (Ferreira et al., 2011)، زاویه شیب گرادیان کلی افقی که توسط سیگنال تحلیلی نرمال شده است (THA)^۲ (اسحاق‌زاده، ۲۰۱۵)، زاویه شیب

^۱ Tilt Derivative of the Total Horizontal Derivative

^۲ Tilt angle of the Horizontal gradient normalized by the Analytic signal amplitude

سیگنال تحلیلی^۱ (TAAS) (Yan et al., 2016)، ضریب تانسورهای گرادیان^۲ (ME) (Wu et al., 2017)، زاویه تتا بهبود یافته^۳ (ITM) (Li et al., 2014) و زاویه شیب^۴ (Miller and Singh, 1994) اشاره کرد که در این تحقیق عملکرد و وضوح تصویر حاصل از اعمال این فیلترها بر داده‌ی مصنوعی و واقعی بررسی شده است. در پایان‌نامه پیش رو، روش‌های مذکور بر داده‌های هوایی منطقه‌ای در استان آذربایجان شرقی اعمال گردیده است و به طور خاص گسل تبریز مورد مطالعه قرار می‌گیرد. علت انتخاب گسل تبریز به این دلیل می‌باشد که گسل تبریز شناخته شده است و می‌توان به وسیله‌ی آن از صحت عملکرد روش‌های مذکور اطمینان یافت و راهی برای راستی آزمایی می‌باشد. گذشته از این دلیل، در ژورنال معتبر *Tectonophysics*، در سال ۲۰۱۷ مقاله‌ای (Bouiflane et al) به چاپ رسیده است که در آن بخش‌هایی از گسل‌ها که در منطقه‌ی مورد مطالعه (مراکش) در زیر رسوبات قرار گرفته‌اند و آشکار نیستند به وسیله‌ی چند روش متداول مورد بررسی و آشکارسازی قرار گرفت؛ در این پایان‌نامه نیز همین روند طی خواهد شد و قسمت‌هایی از گسل تبریز که به صورت گسسته بوده و ادامه‌ی آنها دیده نمی‌شود به وسیله‌ی روش‌های ذکر شده آشکارسازی می‌شوند.

۱-۳ سوابق مطالعات صورت گرفته به منظور تشخیص لبه در داده‌های

میدان پتانسیل

تاکنون روش‌های متعددی جهت تشخیص مرز ناهنجاری‌ها و افزایش توان تفکیک لبه‌ها ارائه شده است که اکثراً مبتنی بر مشتقات افقی یا قائم میدان پتانسیل هستند. فیلتر سیگنال تحلیلی (N) یکی از روش‌های شناسایی مرز می‌باشد که برای اولین بار (Nabighian, 1972) در دو بعد معرفی گردید و سپس حالت سه بعدی سیگنال تحلیلی (Roset et al, 1992) به منظور تفسیر داده‌های میدان

^۱ Tilt Angle of Analytical Signal

^۲ Modulus of gravity gradient tensors

^۳ Improved Theta map

^۴ Tilt angle

مغناطیسی ارائه گردید؛ که مقدار بیشینه‌ی دامنه‌ی این سیگنال، بر روی لبه‌های چشمه‌ی ناهنجاری قرار می‌گیرد. روش مشتق افقی گسترش‌یافته^۱ توسط فدی^۲ و فلوریو^۳ (۲۰۰۰) معرفی شد که ماکزیمم مقدار را بر روی لبه‌ها نشان می‌دهد، کوپر^۴ روش Sunshading (۲۰۰۳) را ارائه کرد که در آن حساسیت جهت‌ی کنترل شده و ویژگی‌های دایره‌ای را تقویت می‌کرد، روش گرادیان کلی افقی زاویه شیب^۵ (۲۰۰۴) توسط وردوزکو^۶ ارائه گردید. روش تصویرسازی زاویه تتا^۷ توسط ویجنز^۸ و همکاران (۲۰۰۵) معرفی شد که نرمال شده‌ی گرادیان افقی میدان پتانسیل می‌باشد. کوپر و کووان^۹ (۲۰۰۶) روش گرادیان افقی کلی^{۱۰} که در آن دامنه‌ی کلی مشتق افقی توسط دامنه‌ی مشتق قائم نرمال شده و روش نسبت انحراف استانداردهای نرمال شده^{۱۱} (۲۰۰۸) توسط کوپر که بر مبنای انحراف استاندارد پنجره‌ای شده‌ی مشتق-های میدان می‌باشد؛ را معرفی کردند. روش مشتق عمودی نرمال شده‌ی مشتق افقی کلی^{۱۲} را وانین^{۱۳} و همکاران ارائه کردند که لبه‌ها را واضح‌تر نشان می‌داد. کوپر روش GDO^{۱۴} (۲۰۱۱) را نیز معرفی کرد؛ در این روش از ترکیب خطی مشتق‌های افقی و قائم میدان استفاده شده که توسط دامنه‌ی سیگنال تحلیلی نرمال شده است. در این سال نیز، روش NTHD^{۱۵} توسط ما^{۱۶} و لی^{۱۷} ارائه گردید، هم‌چنین روش ASTA^{۱۸} توسط انصاری و علمدار ارائه گردید. اریسوی^{۱۹} و دیکمن^{۲۰} روشی ارائه کردند که در آن از

¹ Enhanced Horizontal Derivative (EHD)

² Fedi

³ Felorio

⁴ Cooper

⁵ TDR-THDR

⁶ Verduzco

⁷ Theta map

⁸ Wijns

⁹ Coawn

¹⁰ TDX

¹¹ NSTD

¹² Normalized vertical derivative of the total horizontal derivative (NSTD)

¹³ Wanyin

¹⁴ Generalized derivative operator

¹⁵ Normalized total horizontal derivative

¹⁶ Ma

¹⁷ Li

¹⁸ Analytical signal of tilt angle

¹⁹ Erisoy

²⁰ Dikmen

مشتق افقی زاویه کجی^۱ (۲۰۱۳) استفاده شده بود و نیز روش‌های ILP^۲ توسط ما در همان سال معرفی گردید؛ در روش‌های ILP از مرتبه‌های متفاوت مشتق‌های افقی، جهت تعیین مرزها استفاده شده بود. روش‌های INH^۳ و CLP^۴ توسط لی و همکاران ارائه گردید که از نوفه تاثیرپذیر نبوده و لبه‌ها را با وضوح بیشتر نسبت به فیلترهای مشابه نشان می‌داد. در همان سال عسکری روش NNTHD^۵ را ارائه کرد که توان تفکیک پذیری موقعیت جانبی را نسبت به چند روش مرسوم بهبود می‌بخشید. روش‌های STEP^۶ (۲۰۱۵) توسط ما و لی معرفی شده است. روش TAVAS^۷ (۲۰۱۶) را تینگ-جی و همکاران ارائه کردند. دو^۸ و همکاران روشی (۲۰۱۷) ارائه کردند که روابط ضرائب همبستگی را به کار می‌بردند. روش STDR (۲۰۱۸) توسط ناسوتی و همکاران معرفی گردید که این فیلتر در بی‌هنجاری‌های مثبت، بیشینه مقدار و در بی‌هنجاری‌های منفی، کمترین مقدار را بر روی لبه‌ها به خود اختصاص می‌داد و نیز نشان دادند که نسبت به فیلترهای دیگری که نتایج خروجی آنها با یکدیگر مقایسه گردید، این روش لبه‌ها را با وضوح و دقت بیشتری آشکارسازی نموده است.

۴-۱ ضرورت انجام تحقیق

جهت تشخیص و تفسیر داده‌های میدان پتانسیل روش‌های گوناگونی وجود دارد. از آنجایی که مدل-سازی ساختارهای زیرسطحی وقت گیر بوده و در روش تئوری معکوس به خصوص برای داده‌های بزرگ مقیاس ممکن است به نتیجه منحصر به فرد و درستی دستیابی نداشته باشیم، از این رو تقویت لبه‌های داده‌های میدان پتانسیل می‌تواند در تجزیه، تحلیل و تفسیر داده‌ها مفید واقع شود و کمک شایانی در

^۱ Enhanced Total Horizontal Derivative of the Tilt angle (ETHDR)

^۲ Improved local phase

^۳ Improved Normalised Horizontal

^۴ Corresponding improved Local Phase

^۵ New Normalized Total Horizontal Derivative

^۶ Step-Edge detection

^۷ Tilt Angle of first Vertical derivative of Analytical Signal

^۸ Du

تشخیص مرز ساختارهای زمین‌شناسی و هم‌چنین ذخایر هیدروکربنی داشته باشد و نیز با تعیین نقاط مناسب حفاری، در کاهش هزینه‌های برداشت و حفاری نیز موثر باشد.

۱-۵ روش تحقیق

در این تحقیق به منظور مطالعه و بررسی روش‌های تشخیص لبه از منابع کتابخانه‌ای زیادی استفاده گردید که بتوان بهترین روش معرفی شده را به منظور اعمال بر داده‌ی مغناطیس هوایی و آشکارسازی خطواره‌های مغناطیسی به کار گرفت. پس از مطالعه‌ی مقالات متعدد، با استفاده از نرم‌افزار UBC Mag 3D مدل مصنوعی مغناطیسی به منظور سنجش عملکرد روش‌های آشکارکننده‌ی مرز، ساخته شد و با کدنویسی روش‌های مورد نظر در محیط نرم‌افزار Matlab، این امکان فراهم آمد که این روش‌ها بر مدل مصنوعی اعمال شود. در پایان، کد فیلترهای مذکور در نرم‌افزار Oasis montaj نوشته شد و بر روی داده‌ی مغناطیس هوایی منطقه‌ای واقع در استان آذربایجان شرقی اعمال گردید.

۱-۶ ساختار پایان‌نامه

پایان‌نامه پیش رو مشتمل بر ۶ فصل می‌باشد که در فصل اول به تعریف مساله و روش تحقیق پرداخته شده است و نیز سوابق مطالعات گذشته در زمینه‌ی تشخیص لبه ذکر شده است. در فصل دوم کاربردها و پردازش داده‌های مغناطیس هوایی شرح داده شده است. در فصل سوم به تعریف روش‌های تشخیص لبه که در این تحقیق مطالعه گردیده، پرداخته شده است. در فصل چهارم این پایان‌نامه، مدل‌های مغناطیسی مصنوعی نشان داده شده است و نتایج اعمال فیلترهای تشخیص لبه بر این مدل مصنوعی بررسی گردیده است. فصل پنجم نشان‌دهنده‌ی نتایج اعمال این روش‌ها بر داده‌ی مغناطیس هوایی تبریز و شهرهای اطراف می‌باشد؛ و در فصل ششم که فصل پایانی می‌باشد نتیجه‌گیری حاصل از بررسی عملکرد، دقت و وضوح تصویر فیلترهای آشکارساز لبه مورد نظر ارائه شده و نیز نتیجه‌ی بدست

آمده از اعمال بهترین روش بر داده‌ی مغناطیس هوایی منطقه‌ی مورد مطالعه بیان شده است.

فصل ۲ : داده‌های مغناطیس‌هوائی

۲-۱ مقدمه

هدف از اندازه‌گیری داده‌های مغناطیس، مطالعه‌ی بخشی از تغییرات میدان مغناطیسی زمین است که در اثر تغییر در خودپذیری مغناطیس سنگ‌ها و واحد زمین‌شناسی بوجود می‌آید. این بخش به دلیل افزایش گرادیان دمایی و عبور از مرز هم‌دمای کوری برای کانی‌های مغناطیده اغلب در پوسته‌ی زمین قرار می‌گیرد. پی‌جویی مغناطیسی از قدیمی‌ترین روش‌های ژئوفیزیک اکتشافی بوده که سال‌هاست در مطالعات اکتشافی در مهندسی معدن و ذخایر هیدروکربنی، مطالعات زیست‌محیطی، مهندسی ژئوفیزیک و نیز در مقاصد باستان‌شناسی به کار گرفته می‌شود؛ هم‌چنین در مطالعات زمین‌شناسی در مقیاس وسیع برای تعیین محل گسل‌های بزرگ و زون‌های خردشده مورد استفاده قرار می‌گیرد. برداشت داده‌های مغناطیسی را می‌توان به روش‌های زمینی، دریایی و هوایی انجام داد؛ در عمل بکارگیری روش برداشت هوایی در سطح وسیع و گسترده، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده و نیز با توجه به کاربرد این روش در مناطقی با توپوگرافی دشوار، در زمان کم و به سهولت انجام‌پذیر می‌باشد.

۲-۲ کاربردهای روش مغناطیس‌هوایی

۲-۲-۱ مطالعه و پی‌جویی ذخایر معدنی

مطالعه و پی‌جویی می‌تواند شامل سنگ‌های میزبان مغناطیده یا غیرمغناطیده باشد که این بررسی و پی‌جویی به صورت مستقیم یا غیر مستقیم می‌باشد. یک سنگ و یا کانی که به دنبال آن هستیم ممکن است دارای خاصیت مغناطیسی خیلی زیادی باشد مثل آهن یا مگنتیت که این پی‌جویی مستقیم است. اگر ذخیره‌ی ماده‌ی معدنی مورد نظر ما خاصیت مغناطیسی نداشته باشد اما در سنگ‌های مغناطیده واقع شده باشد، این پی‌جویی به صورت غیر مستقیم است. برای مثال وقتی به دنبال گنبد نمکی به منظور استخراج پتاست از آن هستیم که این گنبد نمکی در یک سری ماسه‌سنگ‌هایی قرار گرفته است

که مغناطیده هستند؛ این پی‌جویی غیرمستقیم می‌باشد. در مطالعه ذخایر نادر در بسترهای گرانیتی، اکتشاف می‌تواند به روش مستقیم یا غیر مستقیم انجام شود.

۲-۲-۲ تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی (ساختاری)، تهیه نقشه‌های تکتونیک منطقه

در نقشه‌های زمین‌شناسی یکی از مسائل حائز اهمیت، تهیه نقشه‌های ساختاری می‌باشد. بعضی از واحدهای زمین‌شناسی را می‌توان با استفاده از نقشه‌ی عکس‌های هوایی و مطالعه طیف آن‌ها بررسی نمود؛ اما زمانی که بر روی بستری کار می‌کنیم که رسوبات کواترنری سنگ‌ها را پوشانده است، گسل‌ها و ساختارهای مدفون در زیر این رسوبات قابل تشخیص نمی‌باشند؛ از این رو، بکارگیری روش مغناطیس هوایی به منظور ترسیم عوارض تکتونیک در نقشه‌های زمین‌شناسی راه‌گشا می‌باشد. با استفاده از روش مغناطیس هوایی، نواحی هوازده و حوضه‌های رسوبی نیز قابل تشخیص می‌باشند؛ همچنین مطالعات بزرگ مقیاس، مطالعات پوسته و تعیین مرز بین سازندهای زمین‌شناسی که محیط‌های مناسبی جهت کانی‌زایی می‌باشند، با استفاده از روش مغناطیس هوایی امکان پذیر می‌باشد.

۳-۲-۲ تعیین عمق سنگ کف

تعیین عمق سنگ کف زمانی اهمیت پیدا می‌کند که هدف ما اکتشاف نفت یا اکتشاف آب‌های ژرف می‌باشد؛ از این رو تعیین توپوگرافی سنگ کف به وسیله‌ی مغناطیس هوابرد در اکتشاف نفت دارای اهمیت می‌باشد.

۴-۲-۲ مطالعات مهندسی

مطالعات مهندسی شامل مطالعات آب‌های زیر زمینی، پهنه بندی خطر زلزله، تهیه نقشه‌ها، گسل‌ها، خطواره‌های مغناطیسی و مطالعات هم‌دمای کوری می‌باشد. تهیه نقشه‌های هم‌دمای کوری از این

جهت برای ما اهمیت پیدا می کند که وقتی در منطقه ای توده های ماگمایی یا توده های آذرین بالا می آید، می تواند جایی باشد که ذخایر ژئوترمال در آنجا وجود دارند؛ در این مناطق مثل شمال غرب ایران، اگر ضخامت پوسته نمایش داده شود، دیده می شود ضخامت پوسته در این منطقه بسیار کم است که در واقع مرز بین پوسته و گوشته بالاتر است و جایی است که ذخایر ژئوترمال قرار گرفته اند. همچنین در مناطقی که ضخامت پوسته کم است گسل ها و شکستگی ها تمرکز یافته اند و خطر زلزله بیشتر می باشد. در واقع، در جایی که ضخامت پوسته کم است، همدمای کوری بالاتر است؛ یعنی ابزار ما در مغناطیس، شناسایی همدمای کوری است که می تواند به طور غیرمستقیم ما را به سمت مکان هایی که خطر پهنه بندی زلزله در آن بیشتر است، هدایت نماید.

۲-۳ پردازش داده های مغناطیس هوایی

روند پردازش داده های مغناطیس هوایی مشابه روند پردازش در مغناطیس اکتشافی مانند جداسازی بی هنجاری ها، بکارگیری سیگنال تحلیلی، اعمال انواع فیلترها مانند فیلتر انتقال به قطب، فیلتر شبه گرانی، فیلتر شبه مغناطیس، فیلتر ادامه ی فراسو، فیلتر ادامه ی فروسو و ... می باشد و تفاوتی در این پردازش ها بر داده های مغناطیس هوایی وجود ندارد و اعمالی است که بر روی این داده ها نیز انجام می شود. اما تمایزی که بین پردازش داده های هوایی و زمینی وجود دارد، نیاز داده های هوایی به پردازش های اولیه قبل از اعمال هر فیلتر یا پردازشی بر روی آن ها است؛ به عبارت دیگر، پردازش داده های مغناطیس هوایی یک بخش کاملاً ضروری از روند مطالعات مغناطیسی شامل تصحیحات و پردازش های مقدماتی می باشد که پایگاه داده ها را برای اعمال سایر پردازش های تکمیلی مانند انواع فیلترها، مشتقات، روش های تخمین لبه، سیگنال تحلیلی و ... آماده می کند. این بخش معمولاً در نرم افزارهای استاندارد بین المللی مانند Oasis Montaj انجام می شود.

پردازش اولیه و آماده سازی داده های مغناطیس هوا برد شامل دو بخش کلی است:

۲-۳-۱ پیش پردازش^۱

وقتی داده‌ها برداشت می‌شوند اولین قدم، کنترل کیفیت^۲ (Reeves, 2005) است. کنترل کیفیت داده‌ها شامل دو بخش است که یکی مربوط به دیتای ایستگاه مبنا^۳ و دیگری دیتایی که توسط پرنده^۴ برداشت شده است:

۲-۳-۱-۱ شناسایی و حذف نوفه^۵ از داده‌های پرواز

دیتایی که برداشت می‌شود اگر بر روی یک خط باشد و مفسر بر روی ساختار زمین‌شناسی منطقه و مقادیری که داده‌ها باید داشته باشند تسلط داشته باشد با نگاه اجمالی می‌تواند داده‌ها را تصحیح کند، اما در روند برداشت داده‌های مغناطیس‌هوایی که روندی بسیار طولانی و وقت‌گیر بوده و نیز حجم داده‌ها بسیار بالا می‌باشد؛ به طوری که فاصله‌ی زمانی برداشت داده‌ها ۰/۱ ثانیه است و امکان تصحیح چشمی نمی‌باشد. از این رو برای تشخیص نوفه در داده‌های هوایی از مشتق چهارم استفاده می‌شود. بعد از شناسایی محل نوفه، آن را حذف می‌کنیم. طبق استاندارد^۶ AGSO که یک استاندارد بین‌المللی استرالیایی می‌باشد، اگر دامنه‌ی مشتق چهارم در طول یک کیلومتر از ۱/۶ nT تجاوز کند و داده‌ی مورد نظر به هیچ وجه توجیه زمین‌شناسی نداشته باشد، نوفه محسوب شده و از پایگاه داده حذف می‌شود (Luyendyk, 1997).

¹ Pre -Processing

² Quality Control (QC)

³ Base station

⁴ Bird

⁵ Data denoising

⁶ Australian Geological Survey Organisation

۲-۳-۱-۲ بررسی تغییرات کوتاه مدت و بلندمدت ایستگاه مبنا^۱

تغییرات کوتاه مدت نامطلوب در ایستگاه مبنا، عمدتاً به علت مکان نامناسب ایستگاه مبنا بوجود می‌آید. طبق استاندارد AGSO، اگر تغییرات کوتاه مدت میدان مربوط به ایستگاه مبنا در مدت ۵ دقیقه از ۱۰ نانوتسلا بیشتر باشد؛ یعنی تغییرات کوتاه مدت ایستگاه مبنا زیاد شده و باید جای ایستگاه مبنا را عوض کنیم (Reeves, 2005).

وقتی از تغییرات بلند مدت ایستگاه مبنا صحبت می‌کنیم منظور تغییرات چندساله‌ی میدان نمی‌باشد بلکه تغییرات در یک روز مد نظر می‌باشد. طبق استاندارد AGSO، اگر تغییرات میدان در سه ساعت متوالی بیشتر از ۷۰ نانوتسلا باشد، طوفان مغناطیسی خفیف رخ داده است و اگر در طول سه ساعت تغییرات میدان بیشتر از ۱۲۰ نانوتسلا باشد، طوفان مغناطیسی بزرگ رخ داده است که لازم است داده‌های مبنا و داده‌های پرنده را مجدد برداشت نماییم. در طول یک روز معمولاً تغییرات میدان ایستگاه مبنا بین ۱۰ تا ۲۰ نانوتسلا نوسان دارد (Luyendyk, 1997).

۲-۳-۲ اختلاف منظر^۲

در اختلاف منظر به دنبال آن هستیم که مکان دقیق داده‌ها بر حسب مختصات استاندارد بین‌المللی مشخص شود. در گذشته که برداشت‌های مغناطیس هوایی انجام می‌گرفت؛ به علت نبود GPS^۳، مشکل مبهم بودن مکان دقیق داده‌ی برداشت شده وجود داشت که با استفاده از عکس‌های هوایی و به سختی این کار انجام می‌شد. اما امروزه با نصب GPS کنار حسگر مغناطیس این مشکل حل شده است به طوری که با ثبت داده‌های مغناطیس توسط حسگر، مکان داده‌ها نیز بوسیله‌ی GPS ثبت می‌گردد. در حالت کلی مکان بی‌هنجاری‌ها بر روی نقشه‌های مغناطیسی نسبت به مکان واقعی آن‌ها روی زمین دارای

¹ Base station variation

² Parallax

³ Global positioning system

اختلاف زمانی یا مکانی است. به این اختلاف مکانی یا زمانی lag گفته می‌شود. تعیین محل دقیق برداشت داده‌های هوایی یکی از مهمترین مشکلات برداشت هوایی است (Luyendyk, 1997).

۲-۳-۲-۱ تصحیح روزانه^۱

تصحیح روزانه در داده‌های هوایی مانند داده‌های زمینی است. ثبت داده‌ها به صورت پیوسته توسط ایستگاه مبنا صورت می‌گیرد که نمودار آن را رسم نموده و بقیه‌ی مراحل مانند داده‌های زمینی می‌باشد؛ با این تفاوت که قبل از بکارگیری داده‌ی مبنا برای تصحیح روزانه باید پیش‌پردازش بر روی آن‌ها انجام شود (Luyendyk, 1997).

۲-۳-۲-۲ تصحیح تاخیر^۲

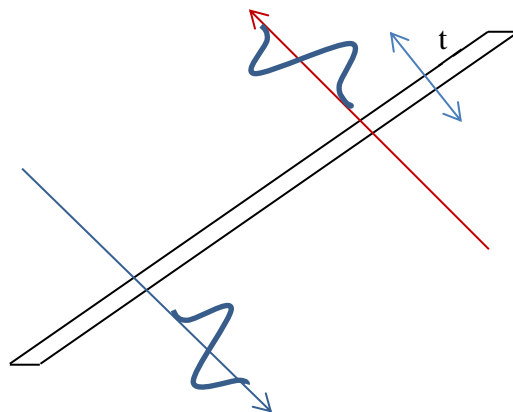
تاخیر در داده‌های مغناطیسی باعث می‌شود که بی‌هنجاری‌های خطی یا ساختارهای گسلی در حرکات رفت و برگشت پرنده‌ی حامل حسگر، به صورت زیگزاگی روی نقشه دیده شود. تاخیر به دو صورت مکانی و زمانی می‌باشد؛ تاخیر مکانی، به علت اختلاف مکان حسگر اندازه‌گیری داده‌های مغناطیس با مکان GPS می‌باشد. در تاخیر مکانی چون بر روی بدنه‌ی هواپیما حسگر و GPS، ۱۳ متر در طول و ۲/۵ متر در ارتفاع با هم اختلاف مکانی دارند، در هر برداشتی که انجام می‌دهیم مکان داده‌ها را به اندازه‌ی ۱۳ متر طول و ۲/۵ متر ارتفاع جابجا کرده که داده‌ی برداشت شده بر روی نقطه‌ی اصلی واقع شود. در حالتی که گیرنده بر روی سیستم پرنده‌ای با کابل به بالگرد متصل است، تاخیر مکانی وجود ندارد و یا این تاخیر بسیار کم می‌باشد.

¹ Diurnal correction

² Lag correction

وقتی کلید دستگاه مغناطیس‌سنج^۱ را می‌زنیم چند ثانیه طول می‌کشد تا یک عدد را نشان دهد که این تاخیر به دلیل حرکت تقدیمی پروتون می‌باشد، برای مثال وقتی به یک دایک می‌رسد چند ثانیه بعد نشان می‌دهد که از آن گذشته است.

برای تصحیح تاخیر زمانی دو روش وجود دارد، یک روش با استفاده از تست تاخیر که برداشت بر روی یک ساختار خطی مثل ریل آهن یا خط لوله و یا یک سوله انجام می‌شود. در این حالت، موقع رفت و موقع برگشت، بعد از ساختار مورد نظر یک ناهنجاری مثبت و یک ناهنجاری منفی دیده می‌شود و موقع برگشت نیز به همین صورت می‌باشد که در شکل ۱-۳ می‌توان شمایی از ناهنجاری‌ها را بر روی خط ساختار مشاهده کرد.



شکل ۱-۲: شمایی از ناهنجاری بعد از گذشتن از ساختار خطی

دو پیک مثبت را در نظر گرفته و مقدار اختلاف زمانی بر روی دو پیک مثبت یا منفی را در دو خط رفت و برگشت محاسبه می‌کنیم. این مقدار ثابت که معادل $t/2$ می‌باشد، لگ زمانی برداشت داده‌ها در کل پروژه خواهد بود؛ این مقدار را بر روی همه‌ی داده‌ها طوری اعمال کرده که مکان بی‌هنجاری‌ها به جایگاه اصلی زمانی خود برگردد.

روش دیگر تصحیح لگ استفاده از داده‌های پرواز می‌باشد، در این روش تمام مراحل قبل را روی یک

^۱ Magnetometer

ساختار زمین‌شناسی که می‌شناسیم انجام دهیم و تست لگ صورت نمی‌گیرد و فقط داده‌های پرواز مورد بررسی قرار می‌گیرد. این روش احتیاج به دانش زمین‌شناسی دارد (Reeves, 2005).

۳-۲-۳-۲ تصحیح مربوط به حرکات مانور^۱ بالگرد یا هواپیما

این تصحیح به دلیل حرکت هواپیما یا بالگرد در میدان مغناطیسی زمین که باعث بوجود آمدن میدان الکتریکی و سپس میدان مغناطیسی ثانویه که ناشی از فلزی بودن بدنه‌ی پرنده می‌باشد، انجام می‌شود. از این رو این تصحیح تنها بر روی داده‌های برداشت شده در حالتی است که حسگر ثبت میدان مغناطیسی چسبیده به بدنه‌ی پرنده می‌باشد که به این حالت stinger گفته می‌شود و در حالتی که حسگر ثبت میدان مغناطیسی به وسیله‌ی کابل، آویزان از بالگرد می‌باشد sling گفته می‌شود. در حالت sling به دلیل دور بودن حسگر از بدنه‌ی فلزی پرنده نیاز به این تصحیح نمی‌باشد.

نحوه تصحیح حرکات مربوط به مانور، توسط نصب مغناطیس سنج فلاکس‌گیت^۲ بر روی پرنده می‌باشد. این مغناطیس سنج مولفات میدان را ثبت می‌کند در صورتی که حسگر دیگر شدت میدان مغناطیسی کل^۳ را ثبت می‌کند. هر حرکتی هواپیما انجام می‌دهد بر روی یکی از مولفات x، y و z تاثیر بیشتری می‌گذارد، از این رو به وسیله‌ی مغناطیس سنج فلاکس‌گیت که این مولفات را ثبت می‌کند، می‌توان اثر حرکات مانور را از داده‌ها حذف کنیم. حذف اثر حرکات مانور توسط یک تست انجام می‌شود که به آن تست FOM گویند. قبل از تست FOM باید کاری کنیم که اثرات مربوط به بی‌هنجاری مغناطیسی زمین بر روی حسگر از بین برود. برای این تست ارتفاع پرواز تا جایی که امکان پذیر باشد باید بالا برده شود که بی‌هنجاری‌های مغناطیسی زمین اثری نداشته باشند. در این حالت پرواز بر روی خطوط کنترلی^۴ انجام می‌شود.

¹ Figure of Merit Manoeuvre (FOM)

² Flux Gate

³ Total Magnetic Intensity

⁴ Tie line

در ارتفاع بالا که انتظار داریم بی‌هنجاری‌ها اثری نداشته باشند داده‌ها را بررسی می‌کنیم؛ وقتی در داده‌ها تغییرات بوجود می‌آید معلوم می‌شود که خطوط پرواز چه تاثیری بر داده‌ها می‌گذارد. از بررسی هم‌زمان داده‌ی مغناطیس‌سنج فلاکس‌گیت و حسگر ثبت میدان مغناطیسی می‌توان اثرات مربوط به خطوط پرواز را از داده‌های برداشت شده حذف نمود. این کار یک بار انجام می‌شود و بعد از آن می‌توان برداشت را انجام داد (Reeves, 2005).

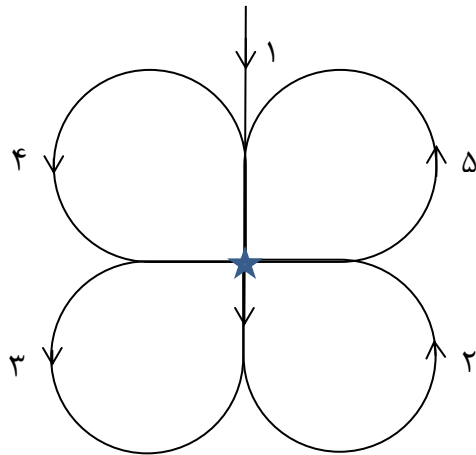
۲-۳-۲-۴ تصحیح اثرات میدان مغناطیسی وابسته به جهت برداشت داده‌ها^۱

این تصحیح از تصحیح‌های بسیار مهم می‌باشد که فارغ از اینکه نوع برداشت به صورت sling باشد یا stinger وقتی هواپیما یا بالگرد در میدان مغناطیسی حرکت می‌کند شار القایی به دو دلیل بر روی حسگر ثبت میدان مغناطیسی در مسیر رفت و برگشت، اثر متفاوت دارد. یکی، به جهت متفاوت القا و خطوط میدان مغناطیسی در تمام مسیرهای رفت و برگشت بر روی بدنه‌ی هواپیما یا بالگرد و دیگری به جهت خود حسگر، که خطوط میدان در جهت رفت و برگشت اثر القای متفاوتی بر روی حسگر می‌گذارند. این اثرات با یکدیگر جمع شده و یک اثر وابسته به جهت خط برداشت بر روی داده‌ها ایجاد می‌کنند که توسط تصحیح Heading این اثرات حذف می‌شود. این تصحیح را به دو صورت می‌توان انجام داد.

روش اول با تست heading در ارتفاع متوسط انجام می‌شود که نباید اثرات بی‌هنجاری مغناطیسی زمین تا حد زیادی موجود باشد. این تست با الگوی Clover leaf انجام می‌شود. الگوی Clover leaf به صورت شکل ۳-۳ می‌باشد. در این تست پرنده‌ای که برداشت بوسیله‌ی آن انجام می‌شود طبق الگوی Clover leaf مسیری را طی کرده که اگر حسگر اثر Heading نداشته باشد، هر ۵ بار که از مرکز الگو (با علامت ستاره مشخص شده است) عبور کند، عدد یکسانی را نشان می‌دهد. در غیر این صورت مقدار میانگین برای نقطه‌ی وسط را بدست آورده و از هر کدام از جهت‌ها کم می‌کنیم که خطا در همان جهت بدست می‌آید، سپس این مقدار خطا در هر جهت را از تمام داده‌ها کم می‌کنیم. این تست که وابسته به جهت

^۱ Heading correction

حرکت پرنده است را چند بار انجام می‌دهیم که از لحاظ آماری دقیق‌تر شود. برای میانگین‌گیری از برازش خط استفاده می‌کنیم.



شکل ۲-۲: مسیر پرواز هواپیما به منظور تصحیح مربوط به جهت برداشت داده‌ها (Reeves, 2005)

روش دوم با استفاده از آزمون‌های خطوط برداشت انجام می‌شود به این صورت که نقاطی از مسیرهای برداشت که هم خطوط برداشت و هم خطوط کنترلی زیادی از آن عبور کرده باشد را در نظر می‌گیریم، سپس آزمون‌های این نقاط را در حساب می‌کنیم که این کار به وسیله‌ی نرم‌افزار Oasis montaj انجام می‌شود. خطوط را در دو آزمون دسته‌بندی کرده برای مثال خطوطی که آزمون‌ها بین ۵ تا ۱۰ درجه می‌باشد را بدست آورده و خطوط عمود بر آن را هم بدست می‌آوریم. در هر نقطه‌ی برخورد خطوط اگر اثر Heading وجود داشته باشد دو عدد مختلف داریم. میانگین این اعداد در نقاط قطع را روی یک سطح برازش می‌دهیم. با توجه به آزمون‌های خطوط، مقدار Heading را محاسبه می‌کنیم (Reeves, 2005).

۲-۳-۲-۵ تصحیح هم سطح‌سازی^۱

در برداشت زمینی داده‌های مغناطیس و گرانی، هنگامی که پروژه‌ای با دو یا چند دستگاه برداشت شود یا در دو زمان مختلف برداشت شود، در داده‌ها پرش به وجود می‌آید که دو سطح داده داریم و باید تصحیح

^۱ Leveling correction

هم سطح‌سازی انجام دهیم. در داده‌های هوابرد نیز مشکل پرش سطح داده‌ها دیده می‌شود که می‌تواند ناشی از دستگاه و نحوه برداشت داده‌ها باشد و نیز به دلیل نوفه‌ی شهری^۱ است که این نوفه‌ها می‌توانند به دلیل ساختارهای دست بشر ایجاد شوند، هم‌چنین بر روی مناطق شهری و بر روی مکان‌هایی که لوله و یا ریل وجود داشته باشد به وجود می‌آید. این مشکل به شدت داده‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد که برای این تصحیح، داده‌های برداشت شده در نقاط برخورد خطوط برداشت و خطوط کنترلی را با هم مقایسه می‌کنیم و بهترین خط را به اختلاف این دو مقدار برازش می‌دهیم و سپس مقادیر داده‌ها را با این خط مقایسه کرده، هر قدر از این خط بالاتر بود پایین آورده و اگر پایین بود بالا می‌بریم که اختلاف صفر شود (Reeves, 2005).

۲-۳-۲-۶ تصحیح IGRF^۲

IGRF یک مدل ریاضی میدان مغناطیسی در کل زمین می‌باشد که با استفاده از داده‌های رصدخانه‌های مغناطیسی سراسر دنیا و آنالیز هارمونی‌های گروهی میدان محاسبه می‌شود که امروزه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای محاسبه می‌گردد. در واقع IGRF مشابه به مقدار گرانی نرمال یا بیضوی مرجع در داده‌های گرانی می‌باشد که با این تصحیح، مقدار بزرگی از دامنه‌ی داده‌ها برداشته می‌شود. IGRF هر ۵ سال یک بار محاسبه می‌شود؛ یعنی مدل IGRF، یکسان نمی‌باشد و هر ۵ سال یک بار جدید می‌شود. پس از محاسبه‌ی این مدل ریاضی میدان مغناطیسی که به وسیله‌ی نرم‌افزار Oasis montaj انجام می‌شود؛ مقدار این مدل از میدان مغناطیسی برداشت شده کم می‌گردد (Reeves, 2005).

² Cultural noise

³ Internatinal Geomagnetic Refrence Field

فصل ۳ : معرفی روش های تشخیصی

۳-۱ مقدمه

استفاده از فیلترهای تشخیص لبه در داده‌های میدان پتانسیل، ابزاری است که می‌تواند در تشخیص ساختارهای زمین‌شناسی مانند گسل‌ها، شکستگی‌ها و خطواره‌های مغناطیسی مورد استفاده قرار گیرد؛ و از آنجا که شکستگی‌ها و گسل‌ها می‌تواند محلی برای انباشته شدن نهشته‌های معدنی باشد، تشخیص و شناسایی آن‌ها حائز اهمیت می‌باشد. تشخیص شکستگی‌ها در مناطق شهری نیز می‌تواند در پیش‌بینی احتمال وقوع زلزله و در نتیجه مقاوم‌سازی ساختمان‌ها و پیش‌گیری از خسارات جبران‌ناپذیر موثر باشد.

تا کنون روش‌های بسیاری به منظور تشخیص لبه در داده‌های میدان پتانسیل ارائه شده است که در همه‌ی این روش‌ها، در سرتاسر نقشه و به خصوص در نواحی چشمه‌ی بی‌هنجاری از تغییرات یک کمیت استفاده می‌شود (علمدار و انصاری، ۱۳۸۹) که مناسب‌ترین کمیت استفاده از گرادیان قائم و افقی می‌باشد که از ترکیب آن‌ها نیز در ارائه‌ی روش‌ها استفاده شده است. در این بخش به توضیح و معرفی ۵ روش تشخیص لبه می‌پردازیم. کدهای روش‌های تشخیص لبه در قسمت پیوست آورده شده است.

۳-۲ فیلتر زاویه شیب^۱ گرادیان کلی افقی

استفاده از فیلترهای مشتق قائم و افقی سال‌های زیادی است که به منظور تفسیر داده‌های میدان پتانسیل و تعیین مرز چشمه‌های بی‌هنجاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. به منظور بدست آوردن مقادیر مشتق قائم و افقی از دو روش می‌توان استفاده کرد که یکی با استفاده از اندازه‌گیری مستقیم (هنگام برداشت داده‌ها) و روش دیگر، محاسبه با استفاده از روش‌های ریاضی می‌باشد (بنی‌عامریان و همکاران، ۱۳۹۱)؛ برای مثال می‌توان از روش تفاضل متناهی و تبدیل فوریه (Blakely, 1995) برای بدست آوردن این مشتق‌ها استفاده کرد. در حالت کلی مشتق افقی بر بالای مرز بی‌هنجاری مقدار بیشینه و مشتق قائم

^۱ Tilt angle

کمترین مقدار را به خود اختصاص می‌دهد. از آنجایی که فیلتر مشتق قائم بالاگذر می‌باشد، افزایش مرتبه‌ی مشتق منجر به برجسته شدن نوفه‌ها می‌شود. از اوایل دهه‌ی ۱۹۷۰ تا کنون روش‌های زیادی به منظور تقویت و تشخیص لبه در داده‌های میدان پتانسیل ارائه شده است که اکثر آن‌ها بر مبنای مشتق افقی، قائم و ترکیب این دو می‌باشد.

فیلتر فازی زاویه شیب (Miller and Singh, 1994) یکی از روش‌هایی است که به منظور پردازش و تفسیر داده‌های میدان پتانسیل به صورت زیر معرفی گردید:

$$\text{TDR} = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{\partial f}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}} \right) \quad (1-3)$$

در این فرمول f میدان پتانسیل برداشت شده می‌باشد. فیلتر زاویه شیب در واقع نرمال شده‌ی مشتق قائم به وسیله‌ی گرادیان افقی است. مقادیر این فیلتر به دلیل ماهیت تابع تانژانت معکوس، در بازه‌ی $\left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]$ قرار می‌گیرد و به صورتی است که بر روی بی‌هنجاری، مقدار مثبت و خارج از آن مقدار منفی را به خود اختصاص می‌دهد و بر روی لبه، یا نزدیک آن مقدار صفر را خواهد داشت. زاویه‌ی شیب به عمق منبع بی‌هنجاری غیرحساس است و دامنه‌ی بی‌هنجاری‌های عمیق و کم عمق را به یک اندازه تقویت می‌کند؛ از این رو در ارائه بسیاری از فیلترهای آشکارساز لبه به کار گرفته شده است. با اعمال این فیلتر بر داده‌ی مغناطیس شرق کانادا، گسترش و موقعیت افقی بی‌هنجاری‌ها مشخص گردید. روش زاویه شیب گرادیان کلی افقی یا THDR-TDR (Ferreira et al, 2011) به منظور تقویت لبه‌های بی-هنجاری‌های مغناطیسی ارائه گردید. این روش بر مبنای ترکیبی از فیلتر زاویه‌ی شیب و فیلتر مشتق افقی کلی داده‌ی مغناطیسی است و به صورت زیر تعریف شده است:

$$\text{THDR-TDR} = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{\partial \text{THDR}}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial \text{THDR}}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \text{THDR}}{\partial y}\right)^2}} \right) \quad (2-3)$$

که در آن،

$$\text{THDR} = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2} \quad (3-3)$$

می‌باشد. در روش ارائه شده، مقادیر بیشینه THDR-TDR بر روی لبه‌های منبع بی‌هنجاری قرار می‌گیرد و این مقادیر بین $-\pi/2$ و $+\pi/2$ می‌باشد. در نتیجه‌ی اعمال این فیلتر بر داده‌ی مغناطیس منطقه‌ای در برزیل ملاحظه گردید که نسبت به چند روش دیگر که عملکرد آنها در مقاله‌ی مذکور، با هم مقایسه شده بود، ساختارهای مغناطیسی قابل شناسایی بوده و ارتباط قابل قبولی بین نقشه‌ی بدست آمده و ساختارهای زمین شناسی آن منطقه موجود می‌باشد.

۳-۳ فیلتر نرمال شده‌ی زاویه شیب گرادیان کلی افقی با استفاده از

دامنه‌ی سیگنال تحلیلی

یکی از روش‌های تفسیر داده‌های میدان مغناطیسی، استفاده از سیگنال تحلیلی است. سیگنال تحلیلی تابع $f(x)$ مختلط بوده و در حالت یک بعدی به صورت زیر تعریف می‌شود (Li, 2006):

$$A(x) = f(x) - iH[f(x)] \quad (4-3)$$

در این رابطه، $A(x)$ سیگنال تحلیلی و $H[f(x)]$ ، تبدیل هیلبرت تابع $f(x)$ می‌باشد. تبدیل هیلبرت دامنه‌ی تابع ورودی را تغییر نمی‌دهد ولی فاز را 90° درجه تغییر می‌دهد. در این روش، مشتقات قائم و افقی تابع میدان پتانسیل تبدیل هیلبرت یکدیگر می‌باشند؛ بدین ترتیب با بدست آوردن تبدیل هیلبرت مشتق افقی، مشتق قائم داده‌ها بدست می‌آید (Nabighian, 1972). سیگنال تحلیلی در دو بعد را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$A(x, z) = \frac{\partial F}{\partial x} + i \frac{\partial F}{\partial z} \quad (5-3)$$

که F میدان مغناطیسی برداشت شده می‌باشد. از حالت دو بعدی آن در سال ۱۹۷۲، نیقیان به منظور تفسیر داده‌ی مغناطیس هوابرد نوادا استفاده کرد حالت سه بعدی سیگنال تحلیلی (Roset et al) ترکیبی

از مشتق قائم و افقی میدان پتانسیل می‌باشد و در سال ۱۹۹۲ در جهت تفسیر داده‌های میدان مغناطیسی ارائه گردیده است؛ مقدار بیشینه‌ی دامنه‌ی این سیگنال، بر روی لبه‌های چشمه‌ی بی‌هنجاری قرار می‌گیرد. مزیت بکارگیری این روش مستقل بودن این روش از مشخصات بردار مغناطیس شدگی توده و بردار مغناطیس زمین است (Nabighian, 1972 & 1974) و در مواقعی که اطلاعاتی در زمینه‌ی مغناطیس باقی‌مانده و القایی نداریم؛ حائز اهمیت می‌باشد (Hsu et al., 1998). با این وجود، هنگامی که چشمه‌های بی‌هنجاری با پارامترهای متفاوت در مجاورت یکدیگر قرار می‌گیرند بین مرز توده‌ها تفکیک صورت نمی‌گیرد (علمدار و انصاری، ۱۳۸۹). سیگنال تحلیلی در سه بعد و دامنه‌ی آن به ترتیب در ذیل آورده شده است:

$$AS(x,y) = \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial y} + i \frac{\partial F}{\partial z} \quad (۶-۳)$$

$$|AS(x,y)| = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)^2} \quad (۷-۳)$$

که با استفاده از این روش، فیلتر زاویه شیب گرادیان کلی افقی نرمال سازی شده است و روش جدیدی به نام THA (۲۰۱۵) توسط اسحاق‌زاده ارائه گردیده است. این روش به صورت زیر ارائه شده است:

$$THA = \frac{THDR-TDR}{(|AS|)^F} \quad (۸-۳)$$

دامنه‌ی THA به وسیله‌ی مقدار F کنترل می‌شود و این مقدار بنا به نظر مفسر تعیین می‌گردد. THDR-TDR در رابطه‌ی (۲-۳) و |AS| هم در رابطه‌ی (۷-۳) آورده شده است. این فیلتر بر روی مرز بی‌هنجاری مقدار بیشینه را دارد. در ارائه این روش، این فیلتر بر داده‌ی گرانی واقعی اعمال گردید و در مقایسه با چند فیلتر مرسوم تشخیص لبه‌ی دیگر، تصویر حاصل از خروجی، مرزها را بهتر و با وضوح بیشتر نشان داد.

۴-۳ فیلتر زاویه شیب سیگنال تحلیلی^۱

روش TAAS در سال ۲۰۱۶ توسط تینگ-جی و همکاران معرفی گردید. این روش با استفاده از ترکیب فیلتر زاویه‌ی شیب و دامنه‌ی سیگنال تحلیلی ارائه شده است که به صورت زیر می‌باشد:

$$TAAS = \tan^{-1}\left(\frac{\frac{\partial AS}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial AS}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial AS}{\partial y}\right)^2}}\right) \quad (۹-۳)$$

AS دامنه‌ی سیگنال تحلیلی می‌باشد که در رابطه‌ی (۶-۳) تعریف شده است. عملکرد این روش با چند روش تشخیص لبه دیگر، با اعمال بر داده‌ی مصنوعی و داده‌ی گرانی مربوط به سیچوان چین مقایسه گردید و دیده شد که این روش نه تنها توانست ساختارها را به درستی تشخیص دهد بلکه جزئیات بیشتری را آشکارسازی نمود.

۵-۳ فیلتر ضریب‌های تانسورهای گرادیان

تانسورهای گرادیان که در واقع مشتق‌های مرتبه‌ی دوم میدان پتانسیل می‌باشد (Minkus and

Hinojosa, 2001) در سیستم مختصات کارتزین به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$T = \begin{bmatrix} \frac{\partial G_x}{\partial x} & \frac{\partial G_x}{\partial y} & \frac{\partial G_x}{\partial z} \\ \frac{\partial G_y}{\partial x} & \frac{\partial G_y}{\partial y} & \frac{\partial G_y}{\partial z} \\ \frac{\partial G_z}{\partial x} & \frac{\partial G_z}{\partial y} & \frac{\partial G_z}{\partial z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{xx} & G_{xy} & G_{xz} \\ G_{yx} & G_{yy} & G_{yz} \\ G_{zx} & G_{zy} & G_{zz} \end{bmatrix} \quad (۱۰-۳)$$

ضریب‌های تانسورها توسط وو و همکاران (۲۰۱۷) به صورت زیر تعریف شده است:

$$M = \quad (۱۱-۳)$$

$$\sqrt{(G_{xx})^2 + (G_{xy})^2 + (G_{xz})^2 + (G_{yy})^2 + (G_{yx})^2 + (G_{yz})^2 + (G_{zz})^2 + (G_{zx})^2 + (G_{zy})^2}$$

^۱ Tilt Angle of Analytical Signal

مشتق‌های افقی کلی جهتی (Yuan et al, 2015 ;Yuan and Geng, 2014) به منظور تفسیر داده‌ی

تانسور گرادیان به صورت زیر تعریف شده است:

$$THD_x = \sqrt{(G_{xy})^2 + (G_{xz})^2} \quad (12-3)$$

$$THD_y = \sqrt{(G_{yx})^2 + (G_{yz})^2} \quad (13-3)$$

$$THD_z = \sqrt{(G_{zx})^2 + (G_{zy})^2} \quad (14-3)$$

وو و همکاران (۲۰۱۷) بر مبنای معادلات ذکرشده، روش جدیدی با عنوان ME به صورت زیر معرفی کردند:

$$ME = \left(\frac{THD_z}{M}\right)^2 \quad (15-3)$$

با مقایسه‌ی نتایج خروجی این فیلتر و تعدادی از فیلترهای تشخیص لبه بر داده‌ی گرانی منطقه‌ای واقع در کانادا مشاهده گردید که این روش پیوستگی ساختارهای بزرگ را بهتر نشان می‌دهد.

۳-۶ فیلتر تصویرسازی زاویه تتا بهبودیافته

تصویرسازی زاویه‌ی تتا نرمال شده‌ی اندازه‌ی گرادیان افقی توسط اندازه‌ی سیگنال تحلیلی می‌باشد که در سال ۲۰۰۵ (Wijns et al) به منظور روش آشکارساز لبه در داده‌های میدان پتانسیل معرفی شده است؛ این فیلتر بر روی لبه‌ها مقدار بیشینه را دارد. تعریف این روش در فرمول زیر دیده می‌شود:

$$\text{Cos}(\theta) = \frac{\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}}{\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2}} \quad (16-3)$$

فیلتر تصویرسازی زاویه‌ی تتا بر داده‌ی مغناطیسی غرب آفریقا اعمال گردید و توانست لبه‌ها را در مقایسه با اعمال روش‌های سیگنال تحلیلی و گرادیان افقی بهتر نشان دهد. فیلتر تصویر زاویه تتا بهبود یافته ITM (Li et al, 2014) یکی از فیلترهای ارائه شده می‌باشد که به منظور بر طرف کردن ایرادات

روش‌های پیشین ارائه گردیده است. در این روش با استفاده از مقدار ثابت p که در مخرج آورده شده است، روش تصویرسازی زاویه‌ی تتا، بهینه شده و در نتیجه مرزهای ساختگی بوجود نمی‌آورد. این فیلتر بر روی لبه‌ی ناهنجاری، ماکزیمم مقدار را دارا می‌باشد. این روش به صورت ذیل تعریف شده است:

$$ITM = \frac{\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}}{\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2 + p}} \quad (17-3)$$

P ، مقداری ثابت و مثبت می‌باشد که توسط مفسر تعیین می‌شود. f داده‌ی مغناطیسی اندازه‌گیری شده می‌باشد.

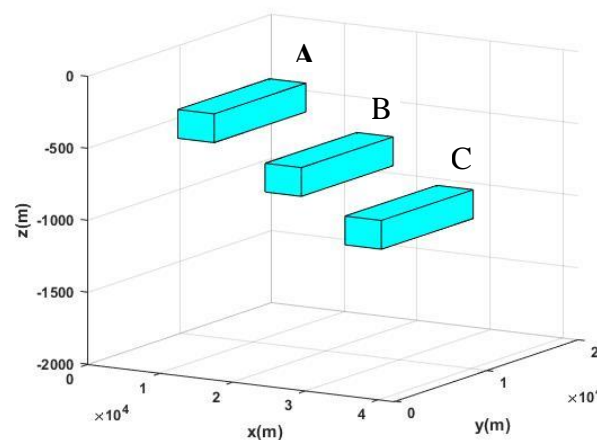
فصل ۴ : اعمال روش های تشخیص به برمدل مصنوعی

۴-۱ مقدمه

با توجه به آنچه از اهمیت روش‌های تشخیص لبه در داده‌های میدان پتانسیل و کاربردی بودن بکارگیری این روش‌ها در اکتشاف ذخایر معدنی، منابع هیدروکربنی و تفسیر داده‌های زمین‌شناسی در فصل‌های پیشین ذکر شد؛ استفاده از فیلتری با نتایج بهینه، لازم و ضروری به نظر می‌رسد. دقت و وضوح تصویر خروجی، تاثیر نگرفتن نتایج از ناهنجاری‌های مجاور و عمیق بودن آنها، از پارامترهایی است که می‌تواند در عملکرد این فیلترها مهم و مورد نظر واقع شود؛ از این رو با اعمال روش‌های تقویت و آشکارسازی مرز بر داده‌های ایجاد شده توسط مدل مصنوعی، دقت و عملکرد این روش‌ها سنجیده می‌شود. در این بخش از دو مدل مصنوعی و یک مدل نوفه‌دار به منظور مقایسه‌ی نتایج استفاده می‌شود؛ این مدل‌ها به وسیله‌ی نرم‌افزار UBC Mag3D طراحی شده است و خروجی اعمال روش‌های تشخیص لبه بر داده‌های مصنوعی به وسیله‌ی نرم‌افزار متلب بدست آمده است.

۴-۲ مدل مصنوعی اول

در شکل ۴-۱ نمای مدل مصنوعی طراحی شده در این بخش دیده می‌شود. در این مدل، بلوک‌ها با ضخامت ۲۰۰ متر و مغناطیدگی $3/5 A/m$ در عمق‌های ۳۰۰ متر، ۶۰۰ متر و ۹۰۰ متر قرار گرفته‌اند.

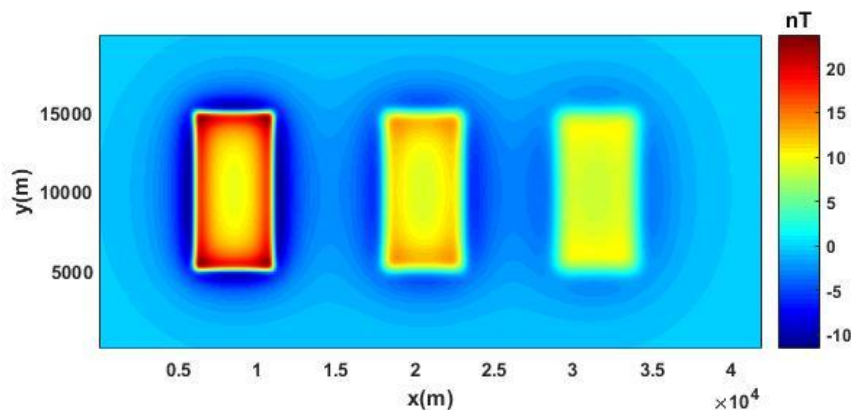


شکل ۴-۱: نمایی از مدل مصنوعی در عمق‌های ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ متر.

جدول ۴-۱ ابعاد مدل مصنوعی اول

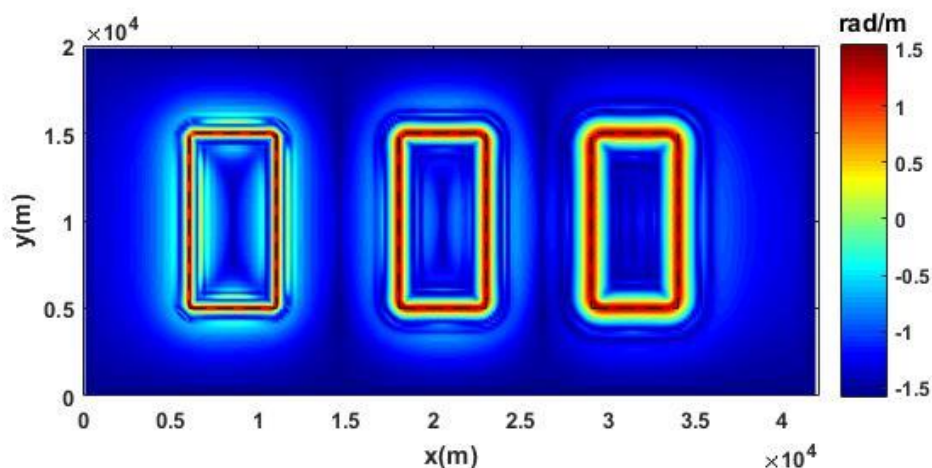
بلوک	x_1 (m)	x_2 (m)	y_1 (m)	y_2 (m)	z_1 (m)	z_2 (m)	M(A/m)
A	۶۰۰۰	۱۱۰۰۰	۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	-۳۰۰	-۵۰۰	۳/۵
B	۱۸۰۰۰	۲۳۰۰۰	۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	-۶۰۰	-۸۰۰	۳/۵
C	۲۹۰۰۰	۳۴۰۰۰	۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	-۹۰۰	-۱۱۰۰	۳/۵

ابعاد بلوک‌های مغناطیسه در جدول ۳-۱ آورده شده است. ناهنجاری بوجود آمده از این مدل مصنوعی را می‌توان در شکل ۴-۲ مشاهده کرد؛ برای به وجود آمدن این ناهنجاری، فاصله‌ی نمونه‌برداری را ۲۰۰ متر در نظر گرفته‌ایم.



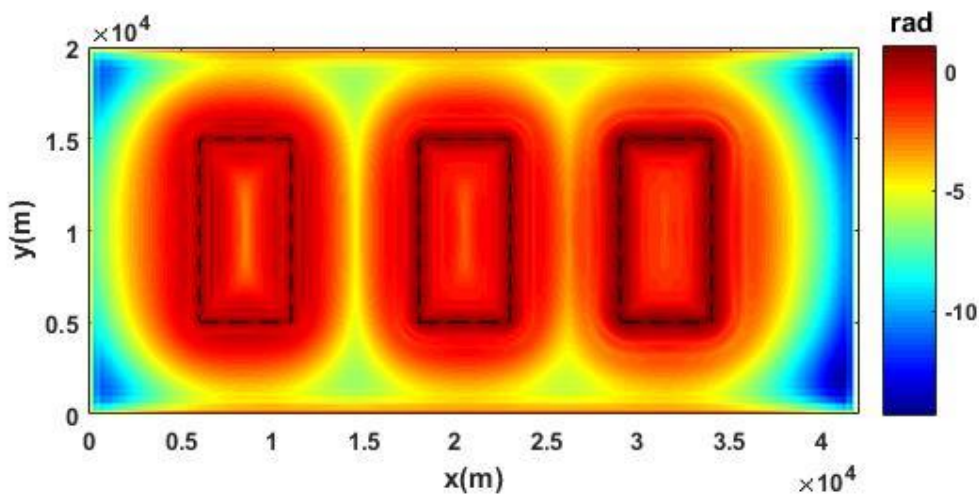
شکل ۴-۲ ناهنجاری ایجاد شده از بلوک‌های مغناطیسه با مغناطیس‌شدگی ۳/۵ A/m در عمق‌های ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ متر

در طراحی این مدل مصنوعی، دقت و وضوح تصویر خروجی فیلترها با توجه با افزایش عمق مورد بررسی قرار می‌گیرد. در خروجی‌ها، مکان واقعی بلوک‌ها با خط‌چین‌های مشکی نشان داده شده است. تصویر خروجی اعمال روش آشکارساز لبه با نام THDR-TDR در شکل ۴-۳ دیده می‌شود. در اعمال این فیلتر بر داده‌ی مصنوعی دیده می‌شود که لبه‌ها به خوبی نشان داده شده است و با افزایش عمق نیز، مرزها تشخیص داده شده‌اند؛ اما در عمق ۳۰۰ متر، اطراف لبه‌های اصلی مرزهای ساختگی کمی تشکیل شده است.



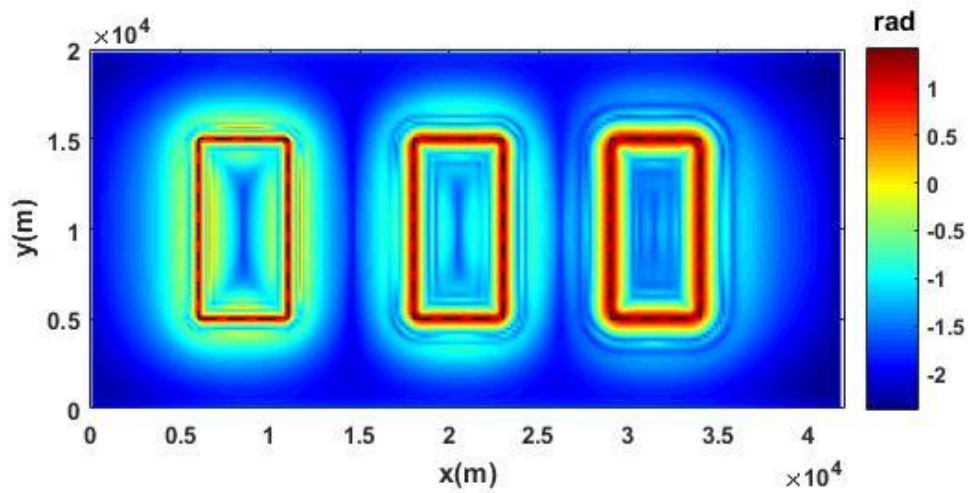
شکل ۳-۴ تصویر خروجی اعمال فیلتر THDR-TDR بر داده‌ی مصنوعی

با توجه به تعریف روش THA که مقدار F بسته به نظر مفسر می‌باشد، خروجی‌های این فیلتر با مقادیر مختلف F در شکل‌های ۴-۴ تا ۷-۴ آورده شده است.



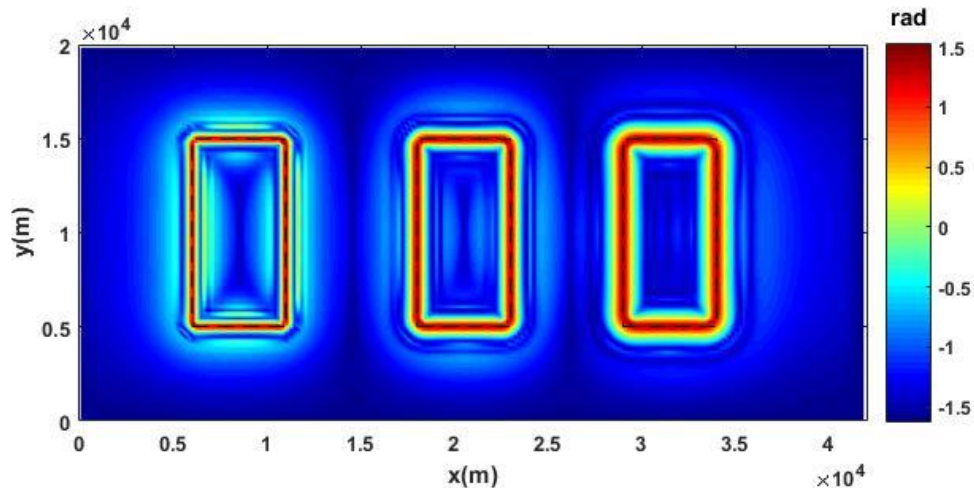
شکل ۴-۴ تصویر خروجی اعمال فیلتر THA بر داده‌ی مصنوعی با $F=0/5$

در شکل ۴-۴ دیده می‌شود وقتی F معادل $0/5$ می‌باشد؛ نه تنها لبه‌ها به هیچ عنوان تشخیص داده نشده است بلکه محدوده ناهنجاری ایجاد شده توسط بلوک‌ها را نیز بیشتر کرده است.

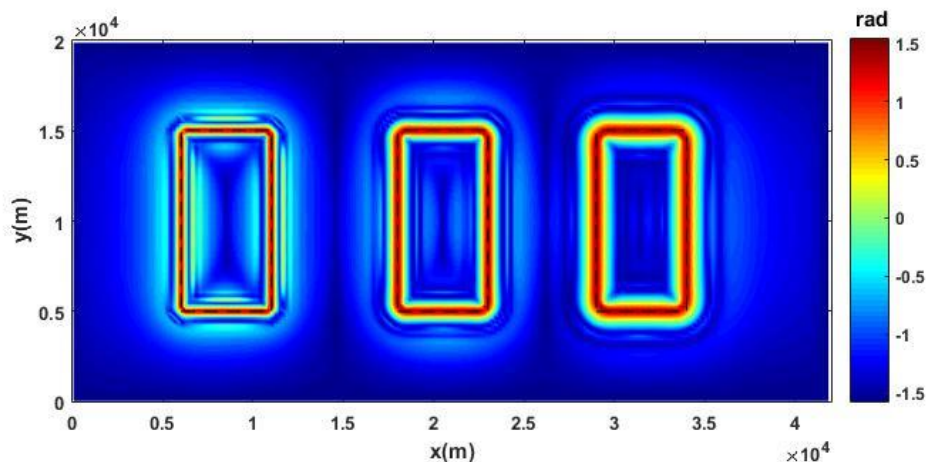


شکل ۴-۵ تصویر خروجی اعمال فیلتر THA بر داده‌ی مصنوعی با $F=0.1$

همان‌طورکه در شکل ۴-۵ مشاهده می‌کنید با کاهش مقدار F لبه‌ها تشخیص داده شده‌اند؛ اما در عمق‌های ۳۰۰ متر و ۶۰۰ متر و اندکی در عمق ۹۰۰ متر، اطراف مرزها سایه‌هایی شبیه به لبه ایجاد شده است.



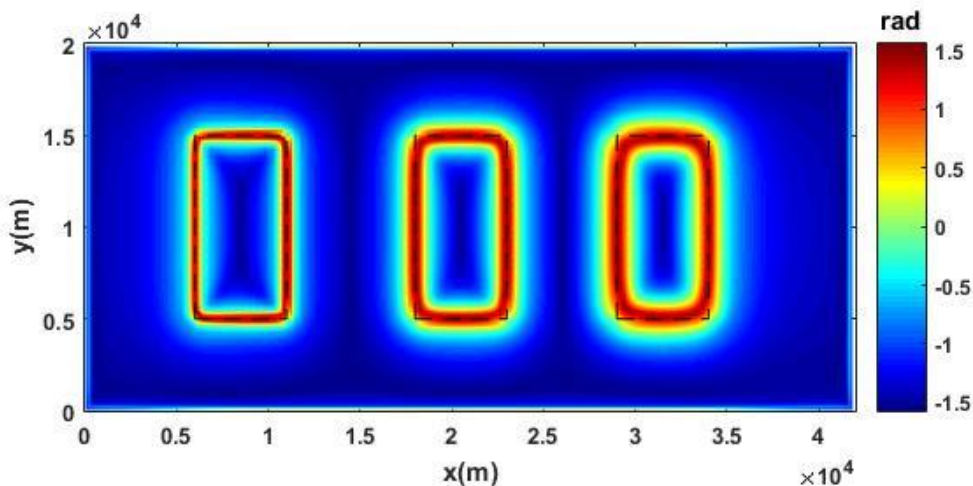
شکل ۴-۶ تصویر خروجی اعمال فیلتر THA بر داده‌ی مصنوعی با $F=0.1$



شکل ۴-۷ تصویر خروجی اعمال فیلتر THA بر داده‌ی مصنوعی با $F=0/0.1$

در شکل‌های ۴-۶ و ۴-۷ تصاویر خروجی روش THA بر داده‌ی مصنوعی مغناطیسی با F معادل $0/0.1$ و $0/0.1$ آورده شده است؛ همان‌طور که دیده می‌شود با کاهش مقدار F نتایج بسیار بهتر شده‌اند و مرزهای ساختگی کمتری به وجود آمده است اما این بهبود تشخیص لبه از مقداری به بعد ثابت مانده و تغییر نمی‌کند.

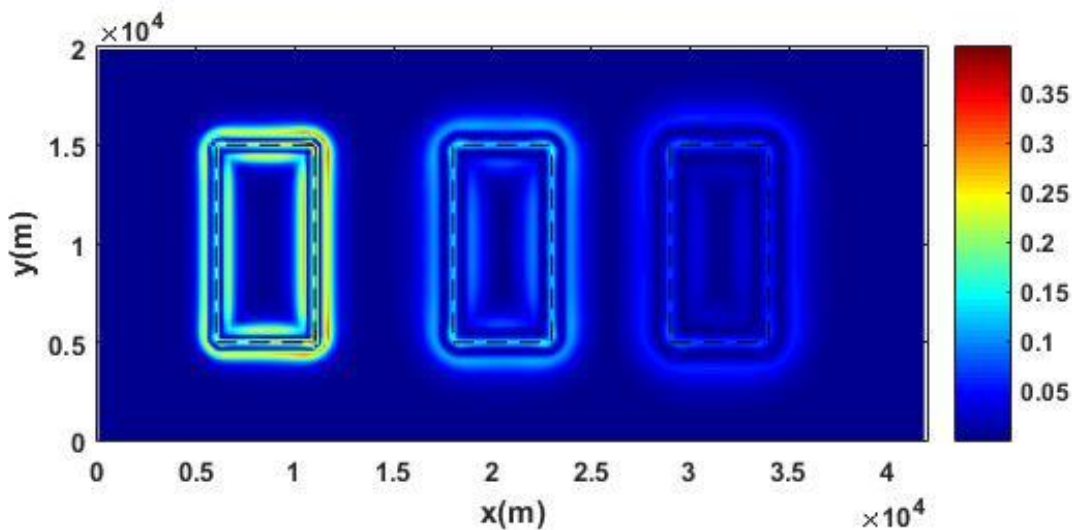
تصویر خروجی فیلتر تشخیص لبه‌ی TAAS را می‌توان در شکل ۴-۸ مشاهده کرد.



شکل ۴-۸ تصویر خروجی اعمال فیلتر TAAS بر داده‌ی مصنوعی

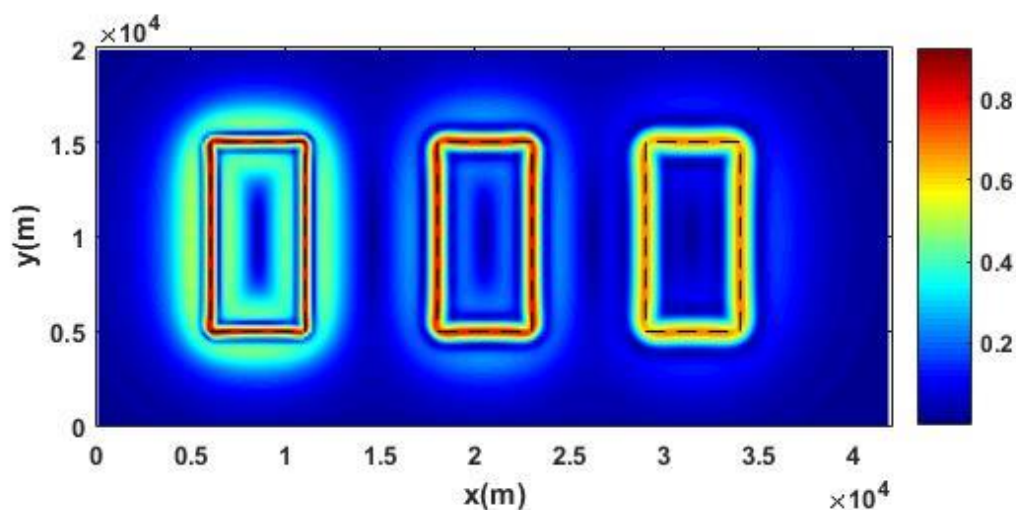
در تصویر خروجی این روش بر داده‌ی مصنوعی مشاهده می‌شود که این فیلتر لبه‌ی بلوک‌ها را به خوبی و بدون مرز ساختگی نشان داده است و تنها تاثیری که افزایش عمق بر عملکرد این روش دارد، پهن‌تر نشان دادن مرزها بوده و مانند عمق ۳۰۰ متر باریک و دقیق نمی‌باشد.

فیلتر ME که تصویر اعمال آن بر داده‌ی مصنوعی در شکل ۴-۹ دیده در تصاویر خروجی این فیلتر مشاهده می‌شود، که این روش حتی در عمق ۳۰۰ متر نتوانسته است مرز بلوک‌ها را به درستی تشخیص دهد و در این عمق، مرز بلوک را به صورت چند لبه‌ای نشان داده است.



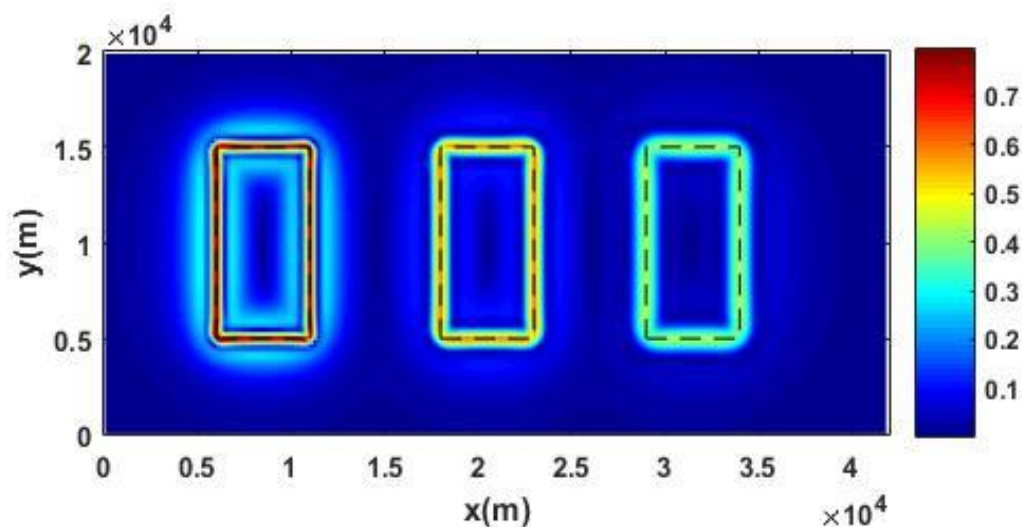
شکل ۴-۹ تصویر خروجی اعمال فیلتر ME بر داده‌ی مصنوعی

در تعریف فیلتر ITM مقدار p بنا به نظر مفسر تعیین می‌شود؛ نتیجه‌ی اعمال این روش بر داده‌ی مصنوعی را با مقادیر مختلف p می‌توان در شکل‌های ۴-۱۰ تا ۴-۱۲ مشاهده نمود.



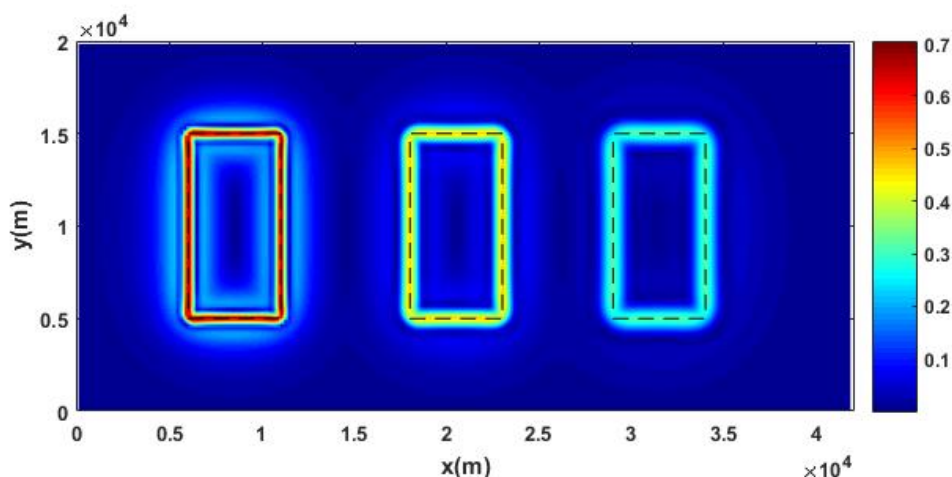
شکل ۴-۱۰ تصویر خروجی اعمال فیلتر ITM بر داده‌ی مصنوعی با $p=1$

همان‌طور که در شکل ۴-۱۰ می‌بینید، این فیلتر با p معادل مقدار ۱ لبه‌ها را نشان داده است و افزایش عمق تأثیر چندانی بر تشخیص مرز این فیلتر نداشته است؛ اما در عمق ۳۰۰ متر اطراف لبه‌ها سایه‌هایی شبیه به مرز ساختگی تشکیل شده است.

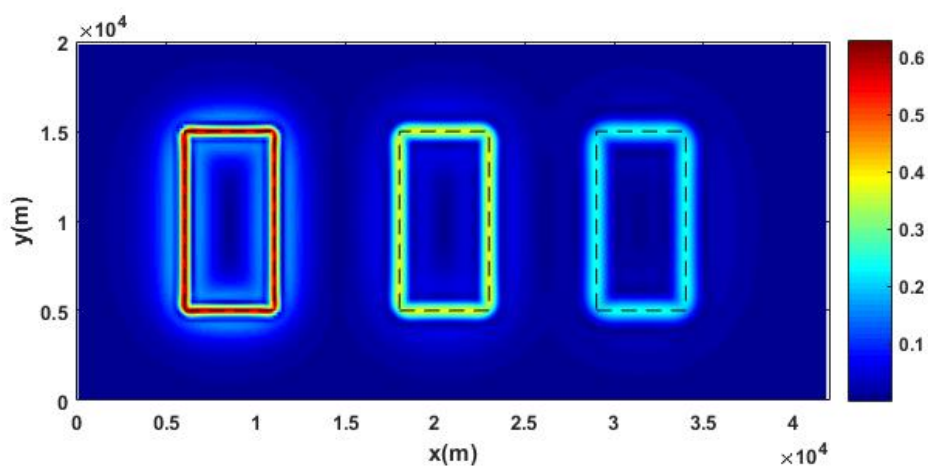


شکل ۴-۱۱ تصویر خروجی اعمال فیلتر ITM بر داده‌ی مصنوعی با $p=3$

در شکل ۴-۱۰ دیده می‌شود که با افزایش مقدار p تصویر خروجی بهتر شده و سایه‌های ساختگی در اطراف بلوک واقع در عمق ۳۰۰ متر کمتر شده است.



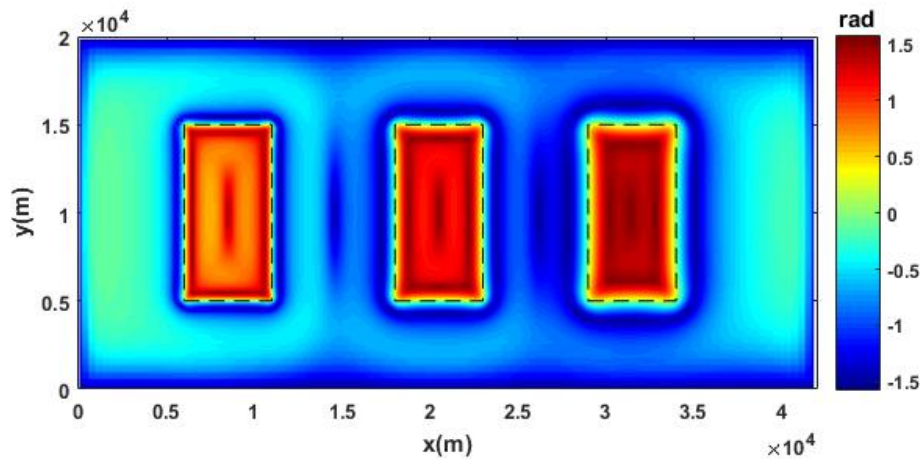
شکل ۴-۱۲ تصویر خروجی اعمال فیلتر ITM بر داده‌ی مصنوعی با $p=5$



شکل ۴-۱۳ تصویر خروجی اعمال فیلتر ITM بر داده‌ی مصنوعی با $p=7$

با دقت در شکل‌های مربوط به نتایج ITM، مشاهده می‌شود که این فیلتر با افزایش مقدار p ، عملکرد بهتر، دقیق‌تر و بدون مرز ساختگی داشته و شدت نمایش مرزها یا به عبارتی ماکزیمم مقدار ITM با افزایش عمق، به طور ناچیز کاهش می‌یابد؛ و نیز دیده می‌شود که p از مقداری به بعد تغییر چندانی در نتیجه بوجود نمی‌آورد. در نتیجه با توجه به تصاویر خروجی، مقدار p تعیین می‌شود؛ در این مدل مقدار ۵ یا ۷ مناسب به نظر می‌رسد.

با توجه به این که فیلتر زاویه شیب به عنوان فیلتر آشکارساز مرز و گسل، در نرم‌افزار قدرتمند و پرکاربرد Oasis Montaj به کار گرفته می‌شود، در ادامه، نتیجه‌ی خروجی اعمال این فیلتر بر مدل مصنوعی آورده شده است.

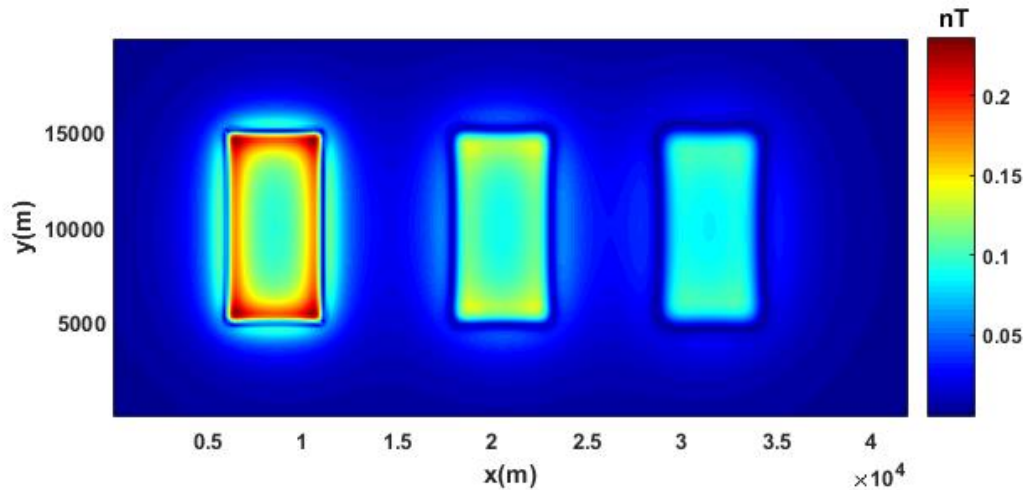


شکل ۴-۱۴ تصویر خروجی اعمال فیلتر Tilt بر داده‌ی مصنوعی

همان طور که در بخش تئوری اشاره شد و در شکل ۴-۱۴ مشاهده می‌شود این فیلتر بر روی ناهنجاری مقدار مثبت، خارج از آن مقدار منفی، نزدیک و بر روی لبه مقدار صفر را دارا می‌باشد و با توجه به این که تنها بر روی لبه و نزدیک آن باید مقدار صفر را داشته باشد در دو طرف بلوک‌ها نیز، محدوده‌ای دیده می‌شود که مقدار صفر را به خود اختصاص داده است و در نتیجه، خروجی این فیلتر قابل اعتماد نمی‌باشد.

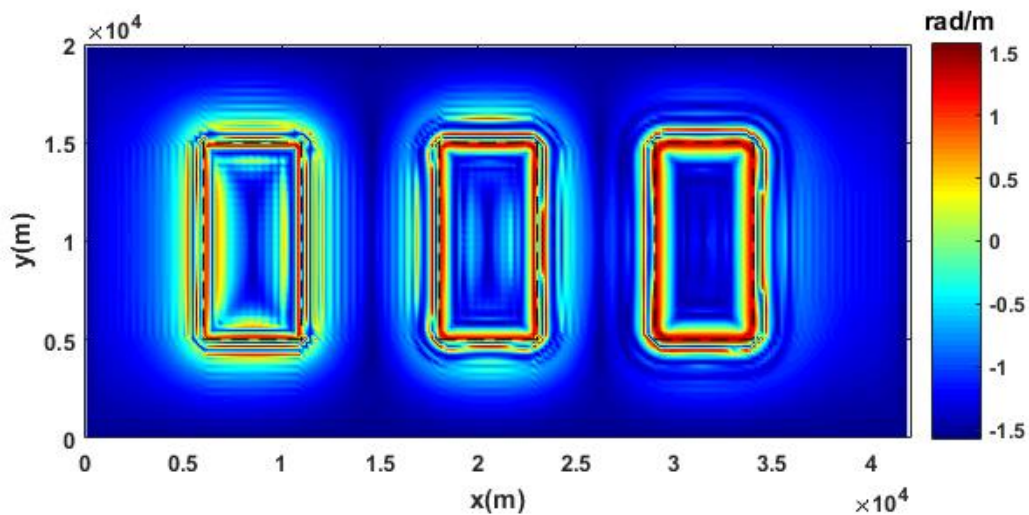
۴-۲-۱ مدل مصنوعی اول با وجود نوفه

در بخش قبل نتایج اعمال روش‌های تشخیص لبه بر داده‌ی مصنوعی مشاهده گردید. در این بخش بر مدل مصنوعی ذکر شده، نوفه‌ی یک درصد اعمال گردید که بتوان نتایج فیلترها را در حالتی که مدل مصنوعی مغناطیسی دارای نوفه می‌باشد نیز با یکدیگر مقایسه گردد و بتوان نتایج را بررسی نمود. داده‌ی نوفه دار را می‌توان در شکل ۴-۱۵ مشاهده نمود.



شکل ۴-۱۵ تصویر خروجی اعمال نوفه‌ی یک درصد بر داده‌ی مصنوعی

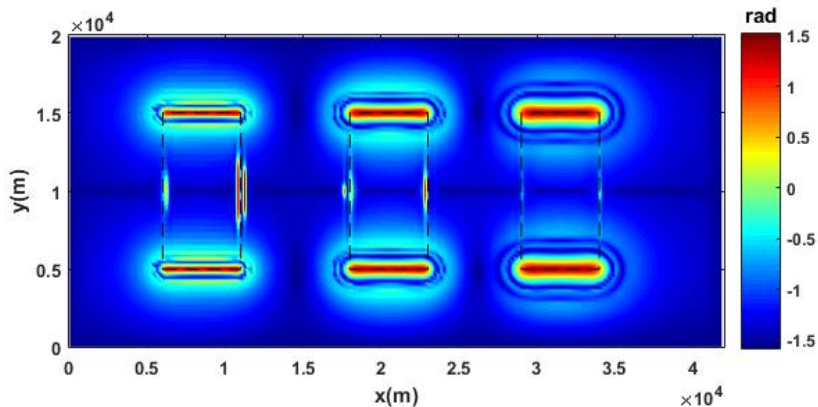
در شکل زیر نتیجه‌ی اعمال روش THDR-TDR بر مدل مغناطیسی نوفه‌دار نشان می‌دهد که در این حالت نیز، خروجی دارای مرز ساختگی بوده و لبه‌های اضافی بیشتر شده است؛ در حالت بدون نوفه دیده می‌شود در عمق ۶۰۰ متر و ۹۰۰ متر با اینکه لبه‌ها اندکی پهن‌تر نشان داده شده است ولی بدون مرز ساختگی می‌باشد؛ اما در حالت نوفه‌دار در این عمق‌ها نیز لبه‌ی اضافی به وجود آمده است.



شکل ۴-۱۶ تصویر خروجی اعمال روش THDR-TDR بر داده‌ی نوفه دار یک درصد

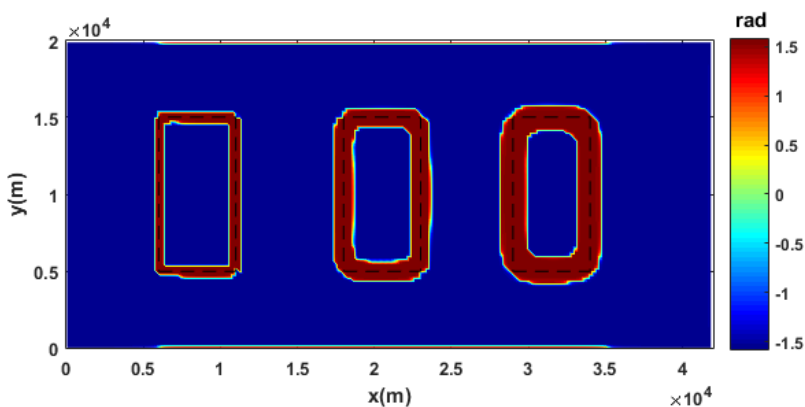
در شکل ۴-۱۷ مشاهده می‌شود بر خلاف حالت بدون نوفه، که لبه‌های عمودی را نشان داده است؛ در اعمال فیلتر THA بر مدل مصنوعی نوفه‌دار، لبه‌های عمودی به طور کامل حذف شده است و تنها لبه-

های افقی را آشکارسازی می‌نماید؛ با توجه به این خروجی، مشخص می‌شود که این روش کاملاً به نوفه حساس بوده و نتایج اعمال این روش قابل قبول نمی‌باشد.



شکل ۴-۱۷ تصویر خروجی اعمال روش THA بر داده‌ی نوفه دار یک درصد

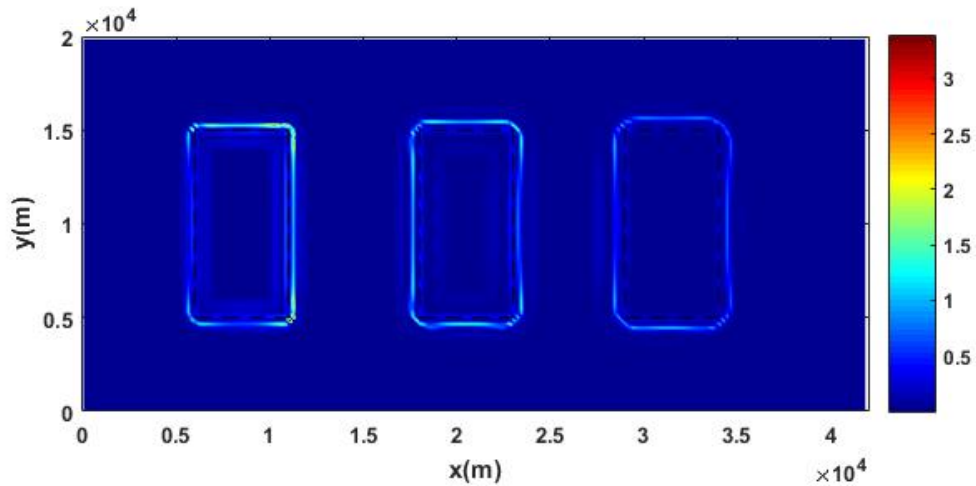
در شکل ۴-۱۸ ملاحظه می‌گردد که روش TAAS مانند حالت بدون نوفه، لبه‌ها را به خوبی آشکارسازی نموده است و تنها اندکی به نوفه‌ی یک درصد حساس می‌باشد که در عمق بیشتر لبه‌ها را پهن‌تر نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۸ تصویر خروجی اعمال روش TAAS بر داده‌ی نوفه دار یک درصد

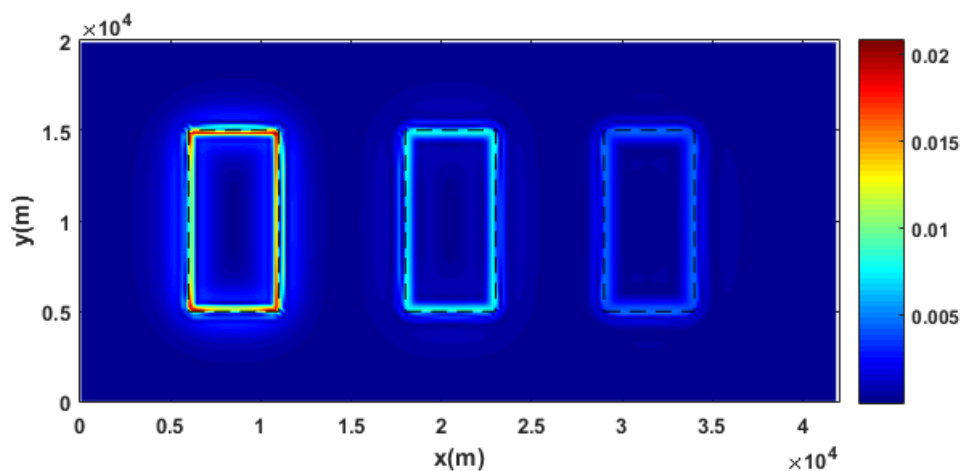
در شکل ۴-۱۹ تصویر خروجی اعمال روش ME مشاهده می‌شود، در خروجی اعمال روش ME بر مدل مغناطیسی نوفه‌دار دیده می‌شود که لبه‌ها بسیار ضعیف نشان داده شده است و این فیلتر بسیار حساس به

نوفه بوده و با وجود این که مرزهای ساختگی به وجود نیامده است اما در عمق ۳۰۰ متر نیز لبه‌ها به صورت بسیار محو و ضعیف مشخص شده است.



شکل ۴-۱۹: تصویر خروجی اعمال روش ME بر داده‌ی نوفه دار یک درصد

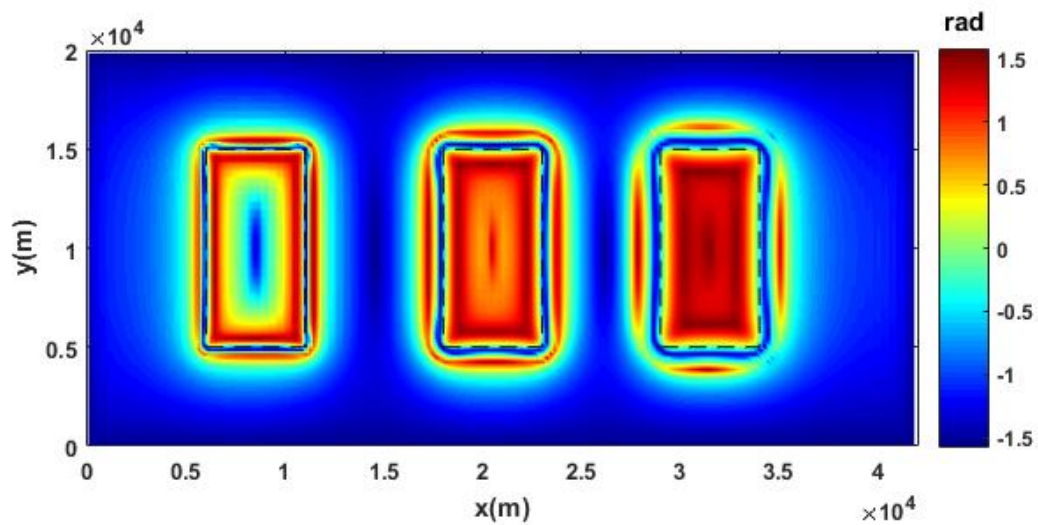
با اعمال روش ITM بر داده‌ی مصنوعی با نوفه‌ی یک درصد، دیده می‌شود که نتیجه‌ی خروجی این فیلتر، اندکی حساس به نوفه می‌باشد و لبه‌ها با شدت کم‌تری نسبت به حالت بدون نوفه نشان داده شده است؛ هم‌چنین دیده می‌شود که این روش با وجود نوفه، مرز ساختگی و اضافی به وجود نیاورده است.



شکل ۴-۲۰: تصویر خروجی اعمال روش ITM بر داده‌ی نوفه دار یک درصد

در تصویر خروجی اعمال فیلتر زاویه شیب بر مدل نوفه‌دار مشاهده می‌شود که این روش بسیار به نوفه حساس بوده و در اطراف لبه‌ها مرزهای ساختگی و نادرست به وجود آورده است و نیز با افزایش عمق

دیده می‌شود که محدوده‌ی ناهنجاری گسترش داده شده است.



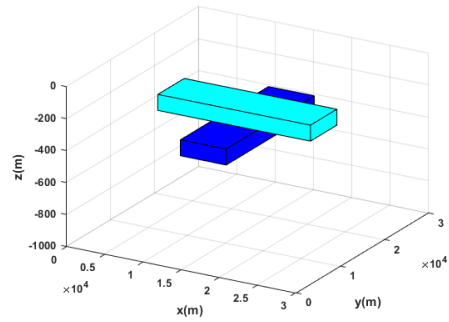
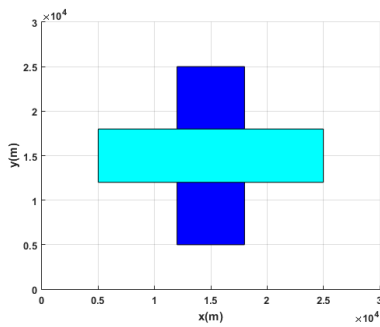
شکل ۴-۲۱: تصویر خروجی اعمال روش Tilt بر داده‌ی نوفه دار یک درصد

۳-۴ مدل مصنوعی دوم

این مدل مصنوعی طوری طراحی شده است که دو بلوک مغناطیسه، یکی با مغناطیس‌شدگی $1/35$ A/m در عمق 200 متر و بلوک دیگر با مغناطیس‌شدگی $4/5$ A/m بدون فاصله در عمق 300 متر قرار گرفته‌اند. نمایی از این مدل مصنوعی در شکل ۴-۲۲ دیده می‌شود. در طراحی این مدل، این نکته مد نظر بوده است که وقتی ناهنجاری‌هایی با مغناطیس‌شدگی متفاوت بر روی یکدیگر قرار می‌گیرند؛ فیلترهای تشخیص لبه تا چه حد و با چه دقتی می‌توانند مرزها را آشکارسازی نمایند؛ همچنین این نکته مورد نظر بوده است که وقتی دو ناهنجاری در تماس با یکدیگر هستند، میزان وضوح و صحت تصویر اعمال روش‌های تشخیص لبه بر ناهنجاری چقدر می‌تواند قابل اعتماد باشد. ابعاد بلوک‌های مصنوعی این مدل در جدول ۴-۲ آورده شده است.

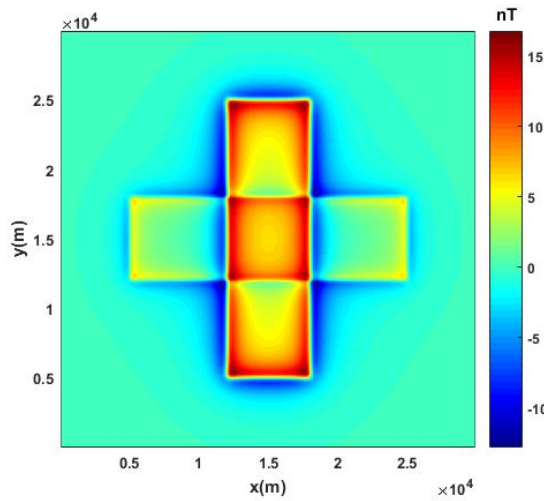
جدول ۴-۲ ابعاد مدل مصنوعی دوم

بلوک	x_1 (m)	x_2 (m)	y_1 (m)	y_2 (m)	z_1 (m)	z_2 (m)	M(A/m)
بالایی	۵۰۰۰	۲۵۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۸۰۰۰	-۲۰۰	-۳۰۰	۱/۳۵
پایینی	۱۲۰۰۰	۱۸۰۰۰	۵۰۰۰	۲۵۰۰۰	-۳۰۰	-۴۰۰	۴/۵



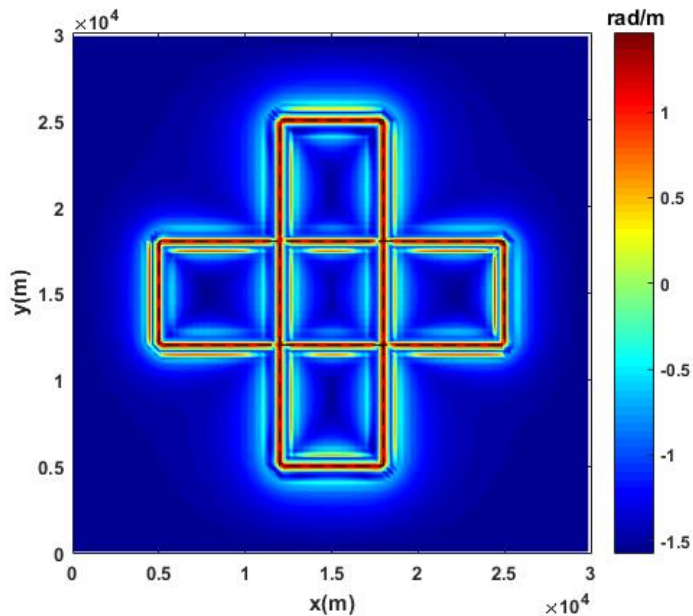
شکل ۴-۲۲ نمایی از مدل مصنوعی با ضخامت ۱۰۰ متر و در عمق‌های ۲۰۰ متر و ۳۰۰ متر

در تشکیل ناهنجاری مغناطیسی ناشی از این مدل مصنوعی، فاصله‌ی نمونه برداری ۲۰۰ متر در نظر گرفته شده است؛ تصویر این ناهنجاری را می‌توان در شکل ۴-۲۳ مشاهده نمود.



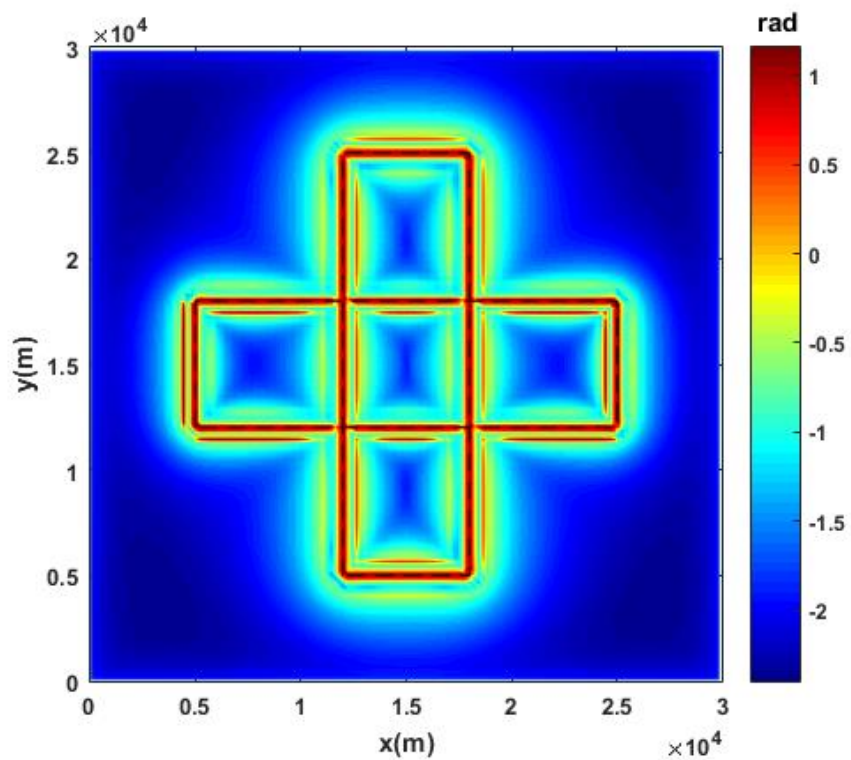
شکل ۴-۲۳ ناهنجاری مغناطیسی ایجاد شده از مدل مصنوعی با مغناطیس‌شدگی ۱/۳۵ A/m و ۴/۵ A/m

تصویر خروجی اعمال روش THDR-TDR بر مدل مصنوعی را می‌توان در شکل ۴-۲۴ مشاهده نمود. با توجه به نتیجه‌ی خروجی این فیلتر دیده می‌شود که بیشینه مقدار این روش مرز بلوک‌ها را به خوبی توانسته است نشان دهد؛ اما در کنار لبه‌ها، مرزهای ساختگی نیز تشکیل شده است.

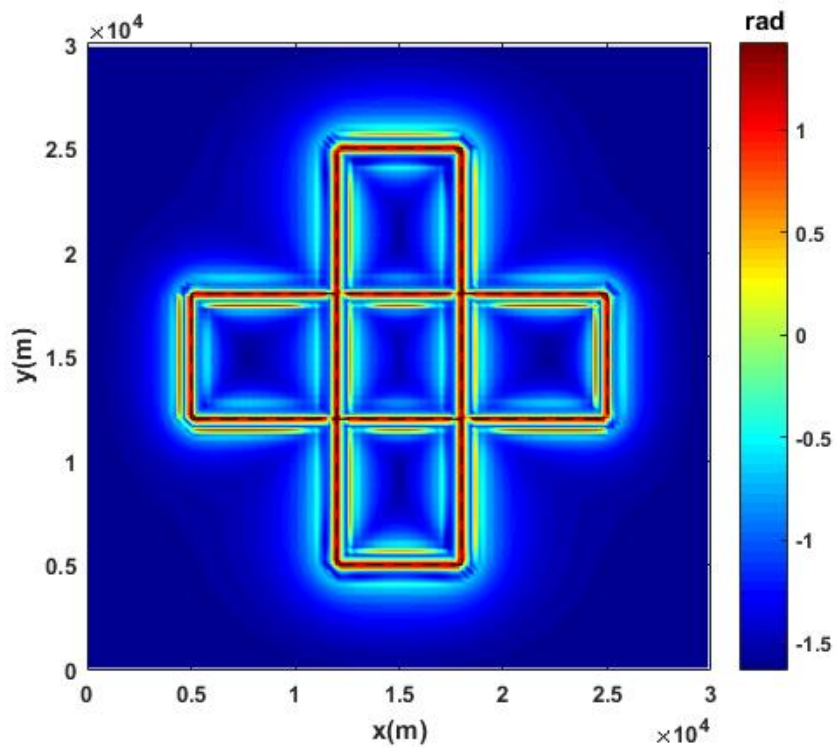


شکل ۴-۲۴ تصویر خروجی اعمال فیلتر THDR-TDR بر داده‌ی مصنوعی

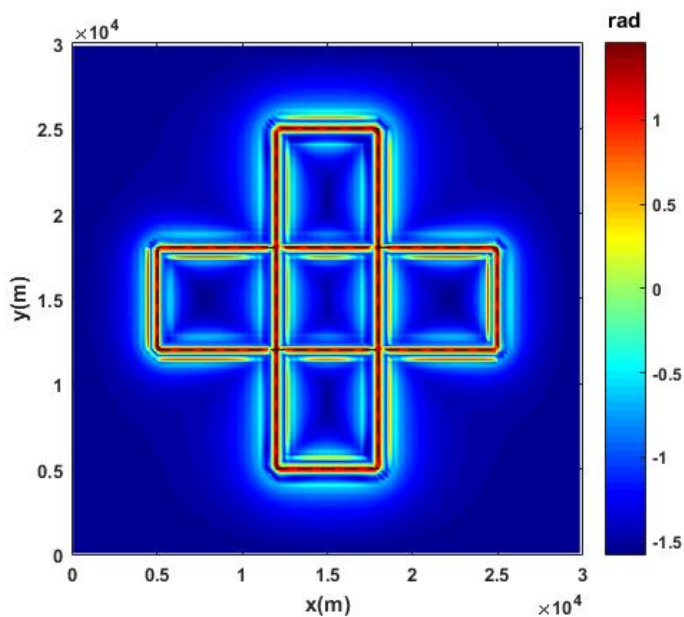
تصویر حاصل از اعمال روش THA بر ناهنجاری مغناطیسی مصنوعی در شکل‌های ۴-۲۵ تا ۴-۲۷ دیده می‌شود. با توجه به این که مقدار F در این روش طبق بهترین نتیجه و نظر مفسر تعیین می‌شود؛ تصاویر خروجی این روش با چند مقدار F در ادامه آورده شده است. در شکل ۴-۲۵ مشاهده می‌شود که در این روش با مقدار F معادل $0/1$ لبه‌ها تشخیص داده شده‌اند؛ اما اطراف آن‌ها مرز ساختگی نیز تشکیل شده و محدوده‌ی لبه‌ها باریک و واضح نمی‌باشد. با دقت در شکل ۴-۲۶ و ۴-۲۷ دیده می‌شود که با کاهش مقدار F حتی به طور تصاعدی از یک مقداری به بعد تصویر خروجی تغییری نکرده و با وجود این که لبه‌ها به خوبی نشان داده می‌شود و محدوده‌ی لبه‌ها باریک می‌باشد؛ مرزهای ساختگی نیز در اطراف لبه‌ها تشکیل شده است که نتیجه قابل اطمینان نبوده و در داده‌ی واقعی منجر به تفسیر اشتباه می‌شود.



شکل ۴-۲۵ تصویر خروجی اعمال فیلتر THA با $F=0/1$ بر داده‌ی مصنوعی

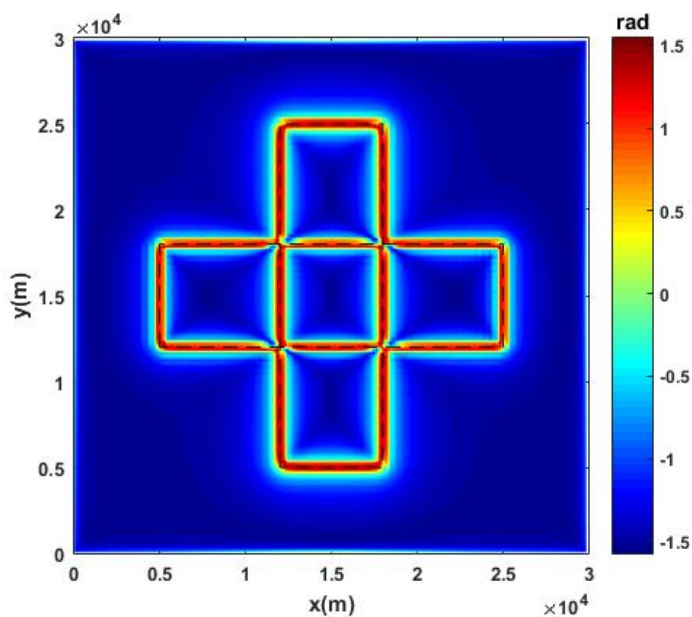


شکل ۴-۲۶ تصویر خروجی اعمال فیلتر THA با $F=0/0.1$ بر داده‌ی مصنوعی



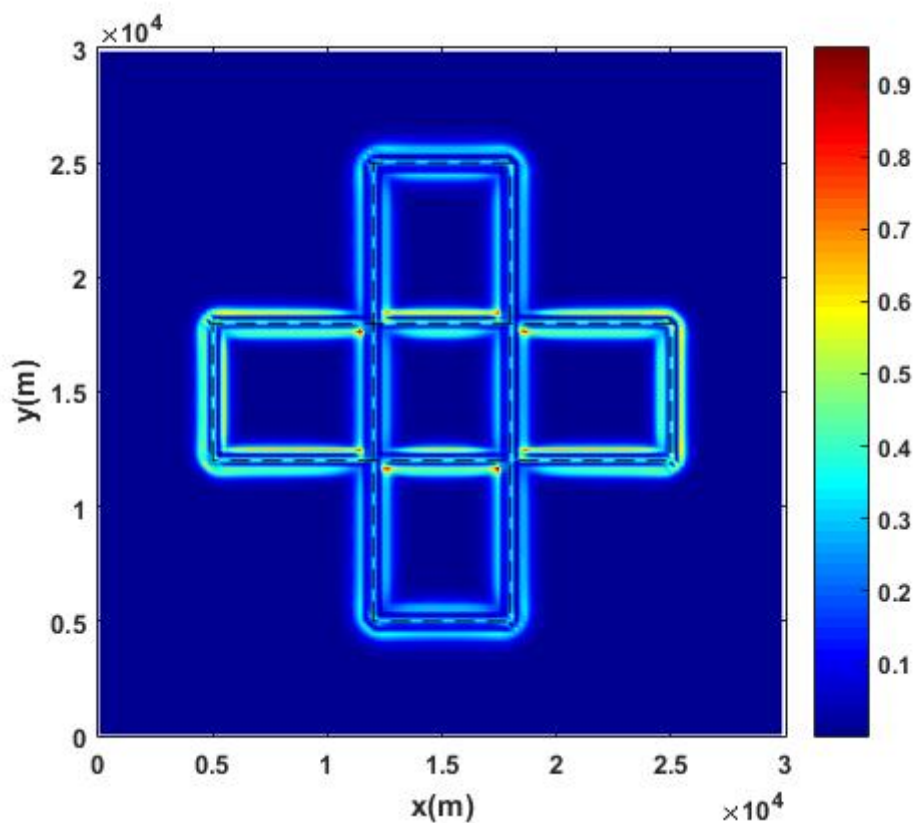
شکل ۴-۲۷ تصویر خروجی اعمال فیلتر THA با $F=0/0.01$ بر داده‌ی مصنوعی

نتیجه‌ی اعمال فیلتر TAAS بر داده‌ی مصنوعی را می‌توان در شکل ۴-۲۰ مشاهده کرد. همان‌طور که در تصویر خروجی این روش ملاحظه می‌شود؛ این فیلتر به خوبی، با وضوح بالا و بدون مرز ساختگی مرزها را نشان می‌دهد و در تماس بودن بلوک‌های مغناطیده و روی هم قرار گرفتن ناهنجاری‌ها تاثیری در عملکرد این فیلتر ندارد.



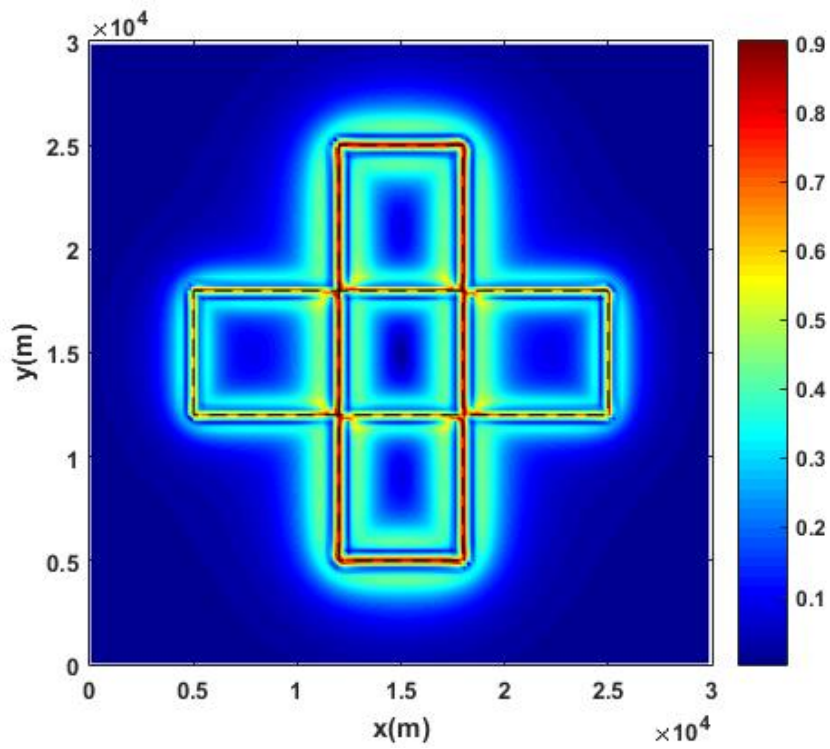
شکل ۴-۲۸ تصویر خروجی اعمال فیلتر TAAS بر داده‌ی مصنوعی

با اعمال روش ME بر این داده‌ی مصنوعی، تصویر خروجی به صورت شکل ۴-۲۹ حاصل می‌شود. در نتیجه‌ی خروجی این روش دیده می‌شود که وضوح تصویر پایین بوده و مرزها به صورت چند لبه‌ای و دارای مرز ساختگی می‌باشد.

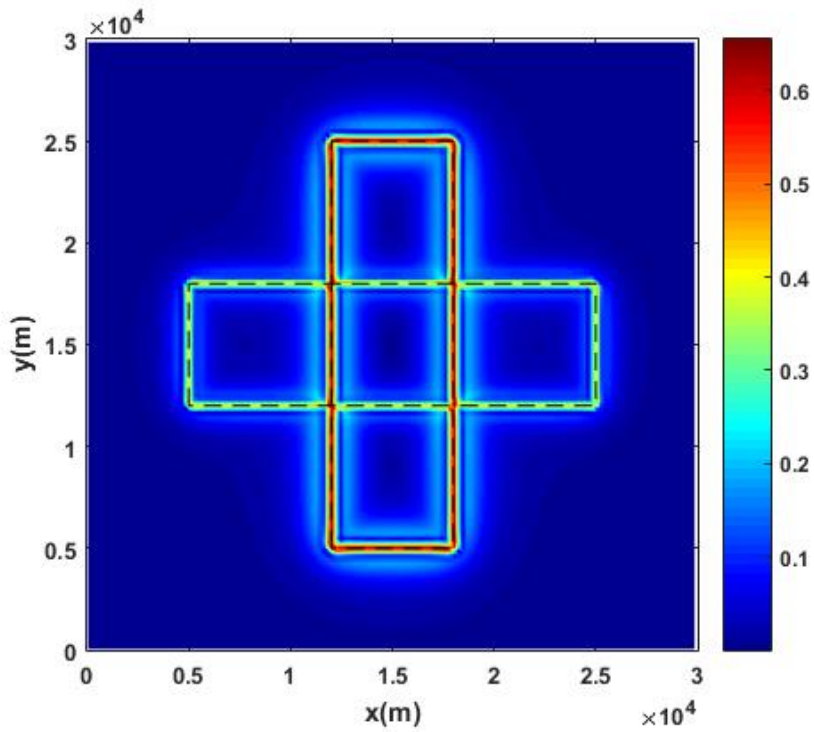


شکل ۴-۲۹ تصویر خروجی اعمال فیلتر ME بر داده‌ی مصنوعی

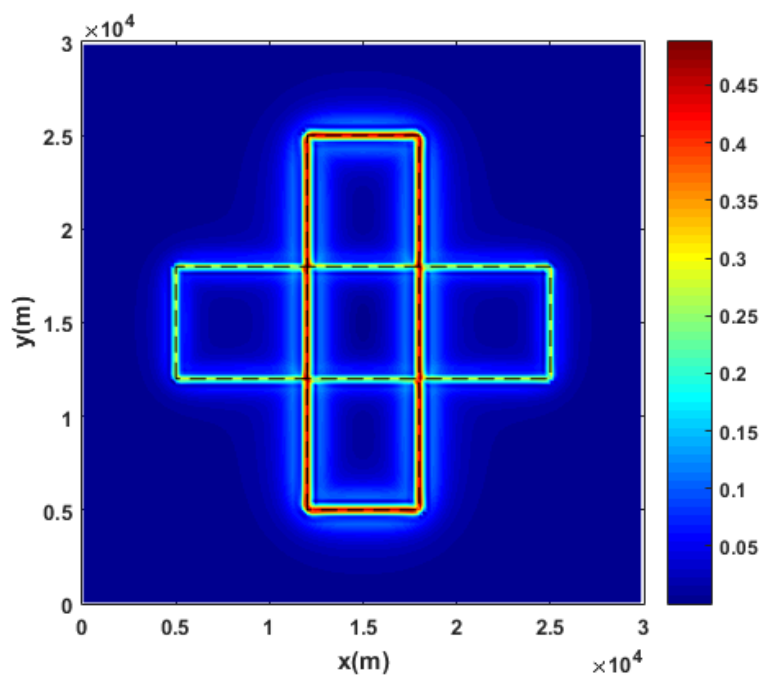
با توجه به این که در تعریف روش ITM تعیین مقدار p به عهده‌ی مفسر می‌باشد؛ به منظور رسیدن به نتیجه‌ی مطلوب، نتیجه‌ی خروجی این فیلتر با چند مقدار p آورده شده است. در شکل ۴-۳۰ که مقدار p معادل با ۱ انتخاب شده است؛ دیده می‌شود لبه‌ها به وضوح مشخص نشده و مرز ساختگی به وجود آمده است. با دقت در تصاویر خروجی در شکل‌های ۴-۳۱ و ۴-۳۲، این نتیجه حاصل می‌شود که افزایش مقدار p عملکرد فیلتر را بهینه کرده؛ مرز ساختگی به وجود نمی‌آورد، مرزها را به وضوح نمایش می‌دهد و نیز دیده می‌شود که در تماس بودن دو بلوک مغناطیسه و نیز روی هم قرار گرفتن ناهنجاری‌ها اثری بر عملکرد آشکارسازی این فیلتر نمی‌گذارد.



شکل ۳۰-۴ تصویر خروجی اعمال فیلتر ITM با $p=1$ بر داده‌ی مصنوعی

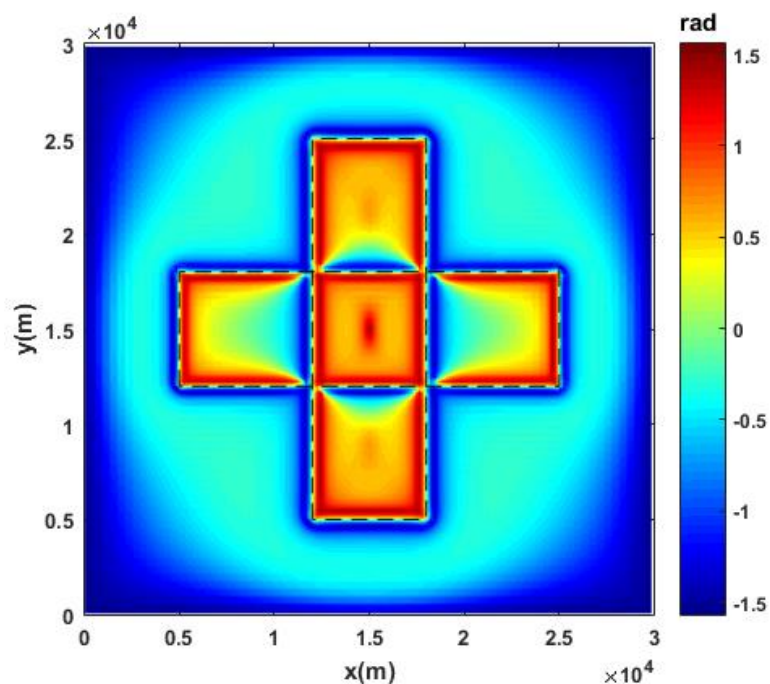


شکل ۳۱-۴ : تصویر خروجی اعمال فیلتر ITM با $p=5$ بر داده‌ی مصنوعی



شکل ۴-۳۲: تصویر خروجی اعمال فیلتر ITM با $P=10$ بر داده‌ی مصنوعی

با اعمال روش زاویه شیب بر این مدل مصنوعی که در شکل ۴-۳۳ آورده شده است، دیده می‌شود با توجه به تعریف این روش و قرار گرفتن مقدار صفر این فیلتر بر لبه‌ی مدل؛ در محدوده‌هایی که با فاصله از لبه‌ها هستند، مرز تشخیص داده شده و نتوانسته است به درستی لبه‌ها را آشکارسازی نماید.



شکل ۴-۳۳: تصویر خروجی اعمال فیلتر زاویه شیب بر داده‌ی مصنوعی

فصل ۵ : اعمال روش های تشخیص به بر داده های مغناطیس هواپی

۵-۱ مقدمه

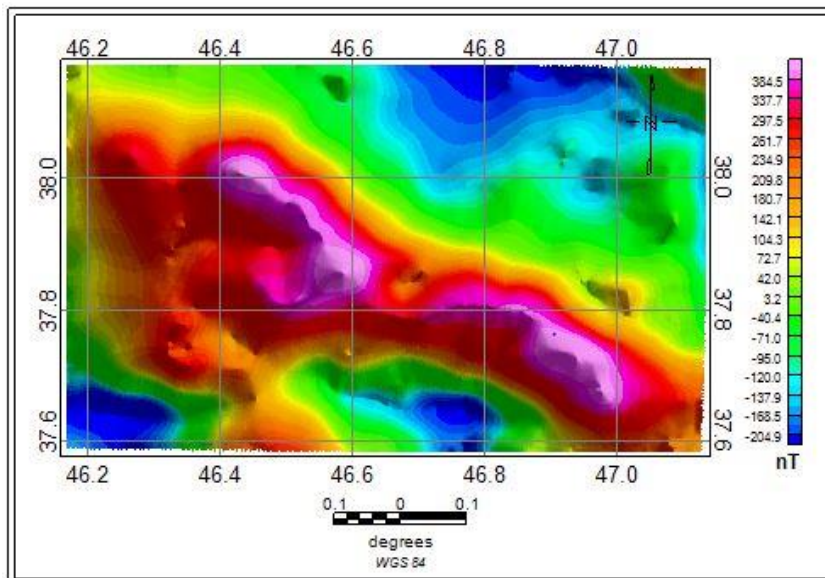
منطقه‌ی مورد مطالعه در پژوهش پیش رو واقع در بخش میانی استان آذربایجان شرقی می‌باشد که قسمت‌هایی از شهرهای تبریز، بستان‌آباد، مهربان، هشترود، تیکمه‌داش، اسکو، قلعه‌چای و مراغه در آن قرار می‌گیرد. در این منطقه دیده می‌شود که گسل تبریز از مهمترین عارضه‌های تکتونیکی این منطقه می‌باشد.

داده‌ی مغناطیس‌هوایی این منطقه با فاصله خطوط پرواز $7/5$ کیلومتر و ارتفاع پرواز 500 تا 1000 متر از سطح زمین برداشت شده است. در این فصل با اعمال روش‌های تشخیص لبه‌ی مذکور بر داده‌ی مغناطیس‌هوایی منطقه‌ی مورد مطالعه، به مقایسه‌ی نتایج حاصل از این فیلترها پرداخته و با استفاده از بهترین روش، شکستگی‌ها و خطواره‌های مغناطیسی این منطقه آشکارسازی شده است.

۵-۲ داده‌ی مغناطیس‌هوا برد منطقه‌ی مورد مطالعه

داده‌ی مغناطیسی‌هوایی منطقه‌ی مورد مطالعه واقع در استان آذربایجان شرقی می‌باشد. لازم به ذکر است که در این پژوهش از داده‌های تصحیح و پردازش شده استفاده گردیده است؛ و نیز قبل از اعمال روش‌های تشخیص لبه بر داده‌ها، فیلتر تبدیل به قطب^۱ نیز بر روی آن‌ها اعمال گردیده است؛ از آنجائی که این فیلتر باعث می‌شود بیشینه‌ی بی‌هنجاری مغناطیسی دقیقاً بر روی بی‌هنجاری قرار گیرد و شکل بی‌هنجاری در صورتی که شکل بی‌هنجاری متقارن باشد از حالت غیرمقارن به حالت متقارن تبدیل شود و در نتیجه منجر به تفسیر صحیح از داده‌ی مغناطیسی شود؛ اعمال این فیلتر بر داده‌ی مغناطیسی ضروری می‌باشد. داده‌ی مغناطیسی‌هوایی مورد استفاده در این پایان‌نامه در شکل ۵-۱ دیده می‌شود که پس از تبدیل به قطب شدن آورده شده است.

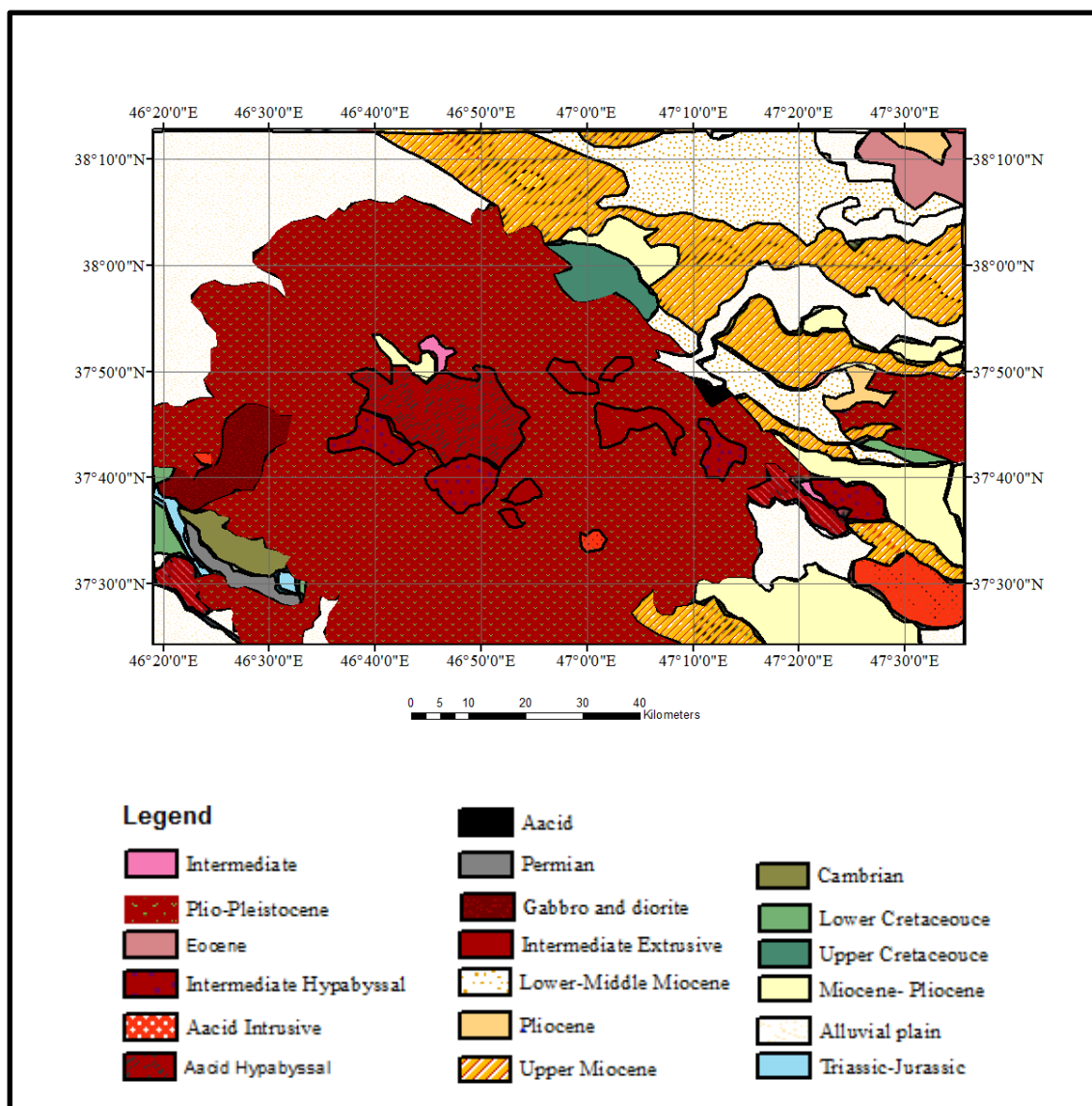
¹ Reduce To magnetic Pole (RTP)



شکل ۵-۱: داده‌ی مغناطیس هوایی تبدیل به قطب شده مربوط به بخشی از استان آذربایجان شرقی

۵-۳ زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه که واقع در استان آذربایجان شرقی می‌باشد قسمت‌هایی از شهرهای تبریز، بستان‌آباد، هشترود، تیکمه‌داش و مراغه در بر می‌گیرد. با توجه به نقشه‌ی زمین‌شناسی این منطقه دیده می‌شود که بخش زیادی از آن اسیدی می‌باشد، هم‌چنین سنگ‌های آذرین بیرونی و نفوذی در بعضی بخش‌های این منطقه دیده می‌شود. شهر تبریز در حوضه‌ی جدایشی-کششی که بین دو شاخه اصلی گسل تبریز با الگوی نردبانی راست پله قرار دارد، جای گرفته است (حسامی و جلالی، ۲۰۰۸). وجود گسل‌های قابل ملاحظه‌ای که در جنوب شهر تبریز قرار دارد نشان می‌دهد که گسل تبریز تنها محدود به شمال این شهر نبوده بلکه شهر تبریز بر روی یک پهنه‌ی گسلی بنا شده است (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۳). در بررسی‌های زمین‌شناسی ورقه هشترود، دیده می‌شود که سنگ‌های دگرگونی آلبیت، آمفیبول، شیست و گنایس در این منطقه رخنمون دارند. نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه را در شکل ۵-۲ می‌توان مشاهده کرد.



شکل ۵-۲: نقشه‌ی زمین‌شناسی محدوده‌ی مورد مطالعه

به باور افتخارنژاد (۱۹۷۵) یک پدیده‌ی تکتونیکی مهم در سرآغازهای دونین که همراه با شکستگی بوده و باعث تقسیم بسیار مشخص رخساره‌ها در آذربایجان گردیده است آذربایجان را به دو بلوک تقسیم می‌کند. بلوک واقع در دونین آغازی در حال فرونشست بوده ولی بلوک جنوب باختری تا کربنفیر پایانی به صورت بالا آمده باقی مانده است. به طور تقریبی بخش عمده رخنمون‌های این ورقه از سنگ‌های آتشفشانی و رسوبی سنوزوئیک تشکیل شده است (امینی آذر و قدیرزاده، ۱۳۸۷). در ورقه بستان‌آباد در

بخش شمال باختری، قدیمی‌ترین سنگها به سن کرتاسه بالائی رخنمون دارد. در بخش مرکزی و شمال خاوری بیشتر سنگهای رسوبی آذرآواری و آتشفشانی ترشیری و بخش بزرگی از ورقه توسط فرآورده‌های آتشفشانی سهند به سن پلیوسن- پلئستوسن پوشانده شده است. توده‌هایی از گرانیت، گابرو دیوریت، دیوریت با راستائی شمال باختر- جنوب خاور، بخش مرکزی ناحیه را پوشانده است. براساس شواهد چینه‌شناسی، این توده‌ها مربوط به سن ترشیری می‌باشند. مجموعه آتشفشانی، نوارگونه در بخش شمال باختری ورقه در امتداد گسل شمال تبریز کشیده شده که بنام مجموعه آتشفشانی کرتاسه نامگذاری شده است. در شمال باختر ورقه بستان‌آباد مشاهده می‌شود که کرتاسه پسین، رخنمونی از سنگهای رسوبی که به کرتاسه پسین نسبت داده شده است می‌باشد و این سنگها متشکل از سه رخساره رسوبی است (ارژنگ و امینی آذر، ۱۳۸۷).

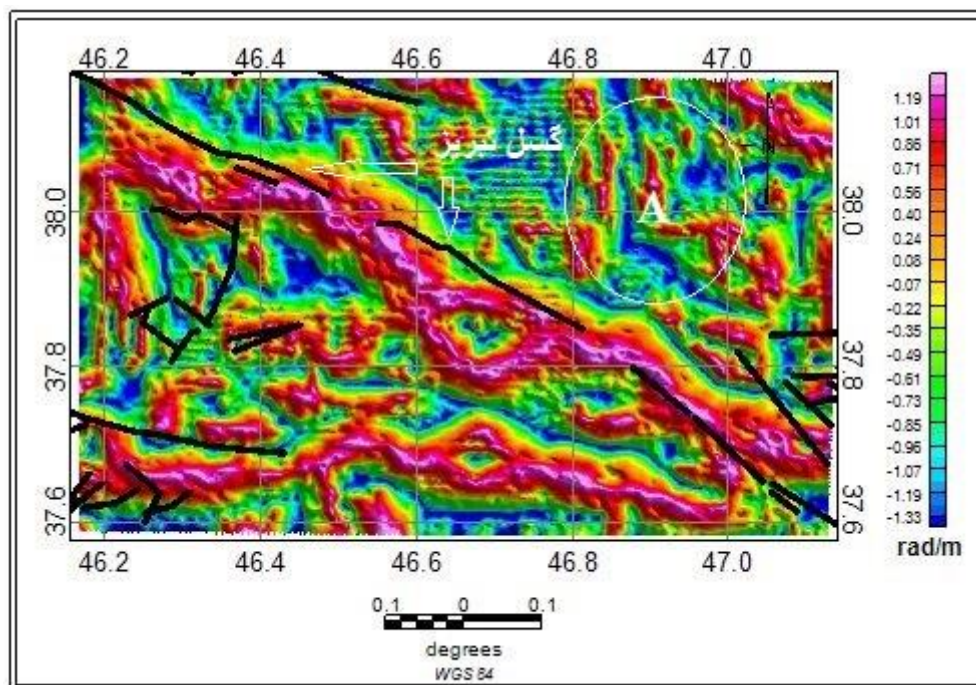
۴-۵ اعمال روش‌های تشخیص لبه بر داده‌ی مغناطیس منطقه‌ی مورد

مطالعه

با اعمال روش‌های THDR-TDR، THA، TAAS و ME بر داده‌ی مغناطیس منطقه‌ی مورد نظر دیده شد که نتیجه‌ی خروجی دارای لبه‌ها و شکل‌های ساختگی زیادی بوده و نیز مشاهده گردید که این اشکال و لبه‌های اضافی متفاوت از گسل‌های تشخیص داده شده توسط سازمان زمین‌شناسی می‌باشد و با آن‌ها هم‌خوانی بسیار کمی دارد؛ از این رو به نظر می‌رسد به دلیل نوفه‌ای است که در داده‌های واقعی موجود می‌باشد. بدین ترتیب فیلتر ادامه‌ی فراسو^۱ بر داده‌ها اعمال گردیده است که به موجب آن بسیاری از نوفه‌ها حذف می‌گردد و به عبارتی بی‌هنجاری‌های محلی حذف می‌شود. با توجه به نکات ذکر شده، بر روی داده‌ها فیلتر ادامه‌ی فراسو با ۱۰۰ متر، ۲۰۰ متر و ۳۰۰ متر اعمال گردید که در این جا نتیجه‌ی خروجی روش‌های آشکارساز مرز با اعمال ۳۰۰ متر ادامه‌ی فراسو آورده شده است. تصویر حاصل از اعمال

¹ Upward Continuation

روش THDR-TDR که در فصل سه معرفی گردید؛ بر داده‌ی مغناطیس هوایی منطقه مورد مطالعه، در شکل ۳-۵ دیده می‌شود.

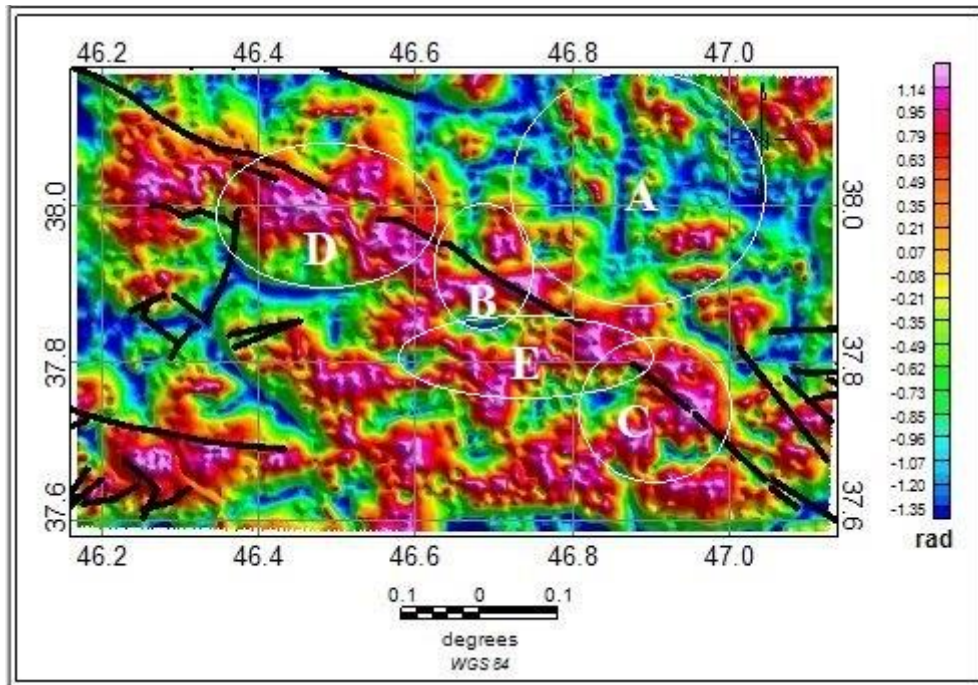


شکل ۳-۵: نتیجه‌ی اعمال روش THDR-TDR بر داده‌ی مغناطیس هوایی و خطوط مشکی نشان دهنده‌ی گسل-های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی

در نتیجه‌ی خروجی حاصل از اعمال روش THDR-TDR بر داده‌ی مغناطیس هوایی منطقه‌ی مورد مطالعه، مشاهده می‌شود که این روش در محدوده‌ی مشخص شده توسط حرف A، خطواره‌هایی را نشان داده است که با روند گسل‌های منطقه هم‌خوانی ندارد و با توجه به نتیجه‌ی حاصل از اعمال این روش بر داده‌ی مصنوعی مغناطیسی نیز احتمال می‌رود که این خطواره‌ها مرز ساختگی هستند و خروجی این روش دارای نتیجه‌ی قابل اعتمادی نمی‌باشد.

در اعمال روش THA بر داده‌ی واقعی، در نتیجه‌ی حاصل مشاهده می‌شود که مرزها و شکل‌های شبه گسل زیادی به وجود آمده است؛ از این رو فیلتر ادامه‌ی فراسوی ۱۰۰ متر، ۲۰۰ متر و ۳۰۰ متر به منظور حذف نوفه و حذف ناهنجاری‌های محلی، اعمال گردید که در این جا نتیجه‌ی خروجی بعد از ۳۰۰ متر ادامه‌ی فراسو آورده شده است. همچنین در توضیح این روش ملاحظه گردید که با نظر مفسر، مقدار F

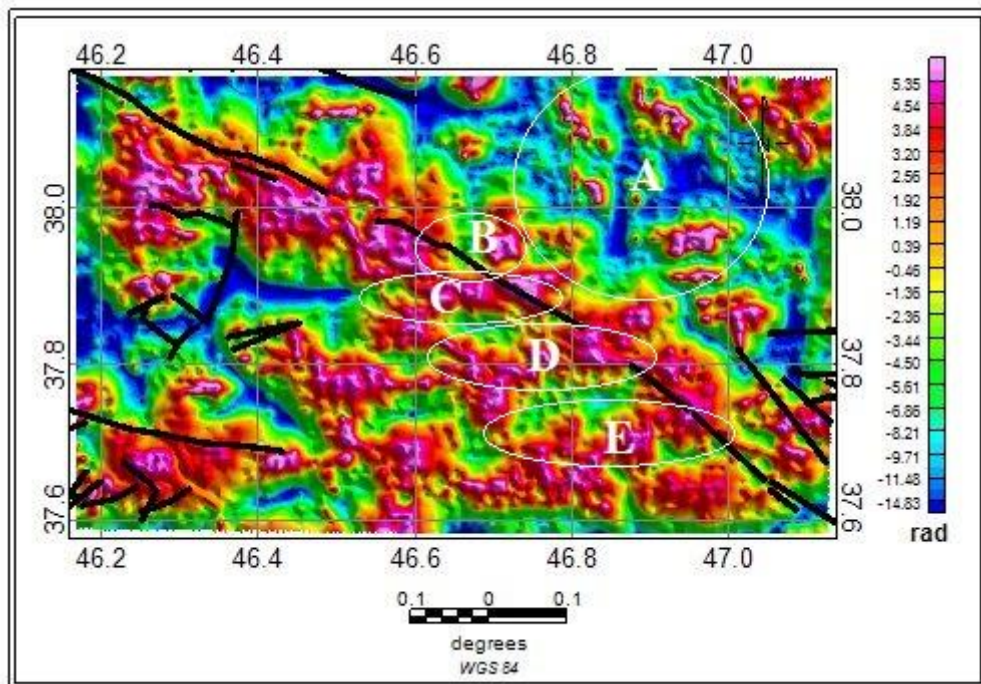
موجود در فرمول این روش، تعیین می‌گردد؛ با توجه به این نکته، تصاویر حاصل از اعمال این روش بر داده‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه با مقادیر F معادل $0/5$ و $0/01$ در شکل‌های زیر آورده شده است.



شکل ۴-۵: نتیجه‌ی اعمال روش THA با $F=0/01$ بر داده‌ی مغناطیس‌هوایی و خطوط مشکی نشان دهنده‌ی گسل-های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی

در شکل ۴-۵ مشاهده می‌شود که در محدوده‌های مشخص شده توسط D و B گسل تبریز به صورت پیوسته مشخص نشده است و با توجه به نتیجه‌ی حاصل از اعمال این روش بر داده‌ی مصنوعی به نظر می‌رسد؛ تحت تاثیر عمق ناهنجاری‌ها قرار گرفته و باعث بوجود آمدن شکل‌های اضافه شده است. در قسمت A نیز ناهنجاری‌هایی دیده می‌شود که مطابق با گسل‌های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی نبوده و ناشی از نکته‌ی ذکر شده می‌باشد. در محدوده‌ی مشخص شده توسط C و E نیز روند مرزهای آشکار شده مشابه با گسل‌های مشخص شده نمی‌باشد.

در شکل ۵-۵ نتیجه‌ی روش THA بر داده‌ی مورد نظر با F معادل $0/5$ دیده می‌شود.

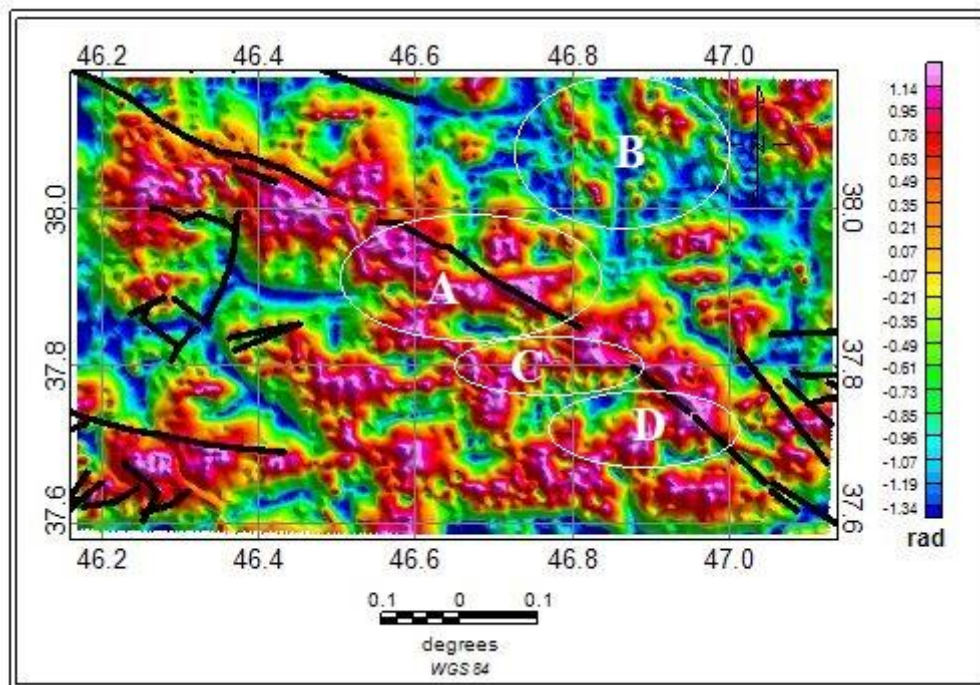


شکل ۵-۵: نتیجه‌ی اعمال روش THA با $F=0/5$ بر داده‌ی مغناطیس هوایی و خطوط مشکی نشان دهنده‌ی گسل-های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی

در این شکل مشاهده می‌شود که خروجی اعمال این روش با مقدار F معادل $0/5$ مشابه با نتیجه‌ی F معادل $0/0.1$ بوده و با توجه به آنچه از نتیجه‌ی اعمال بر داده‌ی مصنوعی بدست آمد؛ این روش از عمق بی‌هنجاری تاثیر گرفته و شکل‌های ساختگی بدست آمده است که با روند گسل‌های منطقه متفاوت می‌باشد؛ در محدوده‌های C ، D و E روندهای مغایر با گسل‌ها را می‌توان دید. در محدوده‌ی B نیز ناپیوستگی گسل تبریز دیده می‌شود و در قسمت A نیز نتیجه‌ای مشابه با محدوده‌ی A در شکل ۵-۴ مشاهده می‌شود که به نظر می‌رسد شکل اضافه و ساختگی می‌باشد.

در شکل ۵-۶ نتیجه‌ی اعمال فیلتر TAAS بر داده‌ی مغناطیسی منطقه‌ی مورد مطالعه، مشاهده می‌شود. پس از اعمال این فیلتر بر داده‌ی واقعی مشابه با دو روشی که پیش از این بررسی شد؛ مشاهده گردید که نتیجه‌ی حاصل، دارای شکل‌ها و لبه‌های ساختگی اضافی زیادی بوده و در نتیجه ناگزیر به اعمال فیلتر ادامه‌ی فراسو بر داده‌ها بوده که به موجب آن از نوفه‌ی موجود کاسته و نتیجه‌ی قابل قبولی

بدست می‌آید. در شکل ۵-۶، تصویر خروجی اعمال روش TAAS بر داده‌ی مغناطیسی پس از اعمال ۳۰۰ متر فیلتر ادامه‌ی فراسو نشان داده شده است.

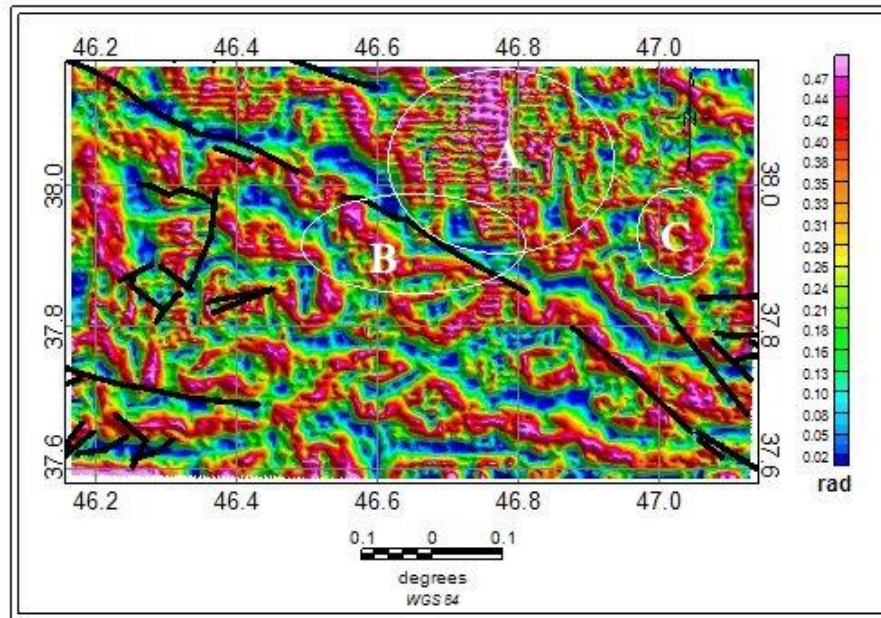


شکل ۵-۶: نتیجه‌ی اعمال روش TAAS بر داده‌ی مغناطیس هوایی و خطوط مشکی نشان دهنده‌ی گسل‌های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی

با توجه به خروجی اعمال این فیلتر بر داده‌ی مغناطیس مصنوعی انتظار می‌رود که بر داده‌ی واقعی نیز نتیجه‌ای دقیق و بدون مرز ساختگی داشته باشد؛ اما در خروجی اعمال این روش بر داده‌ی مغناطیس هوایی دیده می‌شود که گسل تبریز به طور نمونه در محدوده‌ی A به صورت ناپیوسته نشان داده شده است. در محدوده‌های C و D نیز مرزهای تشخیص داده شده روندی تقریباً عمود بر روند گسل‌های منطقه دارد و در محدوده‌ی B نیز روند شکل‌های به وجود آمده روندی متفاوت از گسل‌های این منطقه می‌باشد.

تصویر خروجی اعمال روش ME بر داده‌ی مغناطیسی در شکل ۵-۷ قابل مشاهده می‌باشد. با توجه به نوفه‌ای که در خروجی اعمال این فیلتر بر داده‌ی مغناطیس هوایی دیده شد؛ مانند سه روشی که پیش از

این مورد بحث قرار گرفت، قبل از اعمال این روش، فیلتر ادامه‌ی فراسوی ۳۰۰ متر، بر داده‌ها اعمال گردیده است.

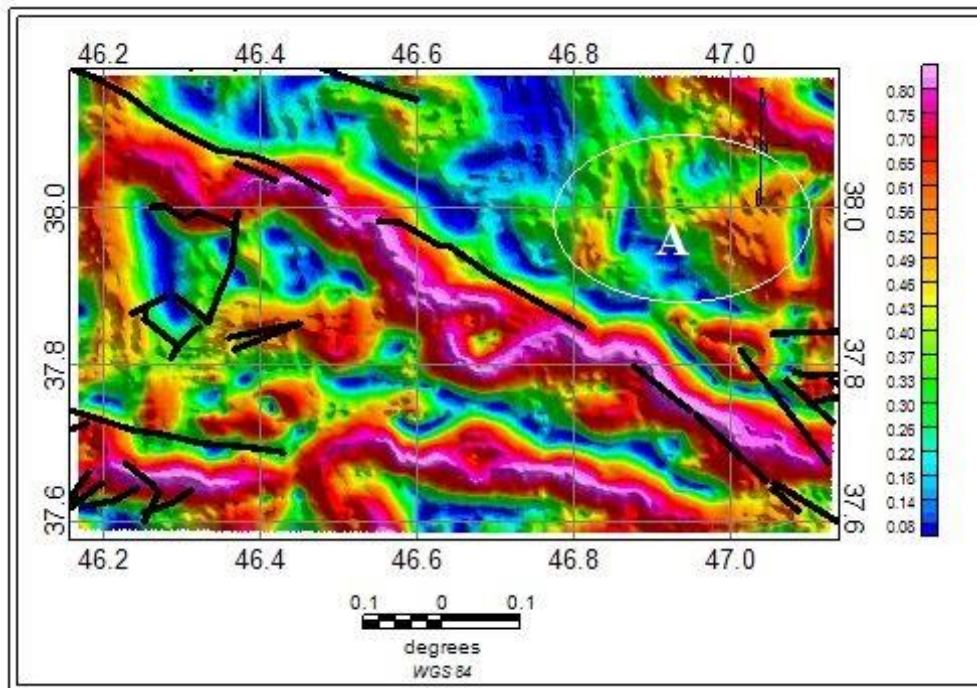


شکل ۵-۷: نتیجه‌ی اعمال روش ME بر داده‌ی مغناطیس‌هوایی و خطوط مشکی نشان‌دهنده‌ی گسل‌های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی

در خروجی اعمال این روش دیده می‌شود؛ با اینکه بر داده، فیلتر ادامه‌ی فراسوی ۳۰۰ متر اعمال شده است اما تصویر خروجی از لبه‌ها و ساختارهای ساختگی زیادی تشکیل شده است. در محدوده‌ی مشخص شده با حرف A و C ساختارهایی عمودی مشاهده می‌شود که متفاوت از روند گسل‌های منطقه بوده و با توجه به نتیجه‌ی فیلترهای پیشین که چنین ساختارهایی با این وسعت و انبوهی در آن‌ها دیده نشده است و نیز با نظر به نتیجه‌ی بدست آمده از اعمال این روش بر داده‌ی مصنوعی به نظر می‌رسد که این ساختارها ساختگی و اضافی می‌باشند. در محدوده‌ی B مشاهده می‌گردد که پیوستگی گسل تبریز حفظ نشده است و نتوانسته است روند این گسل را به خوبی نشان دهد.

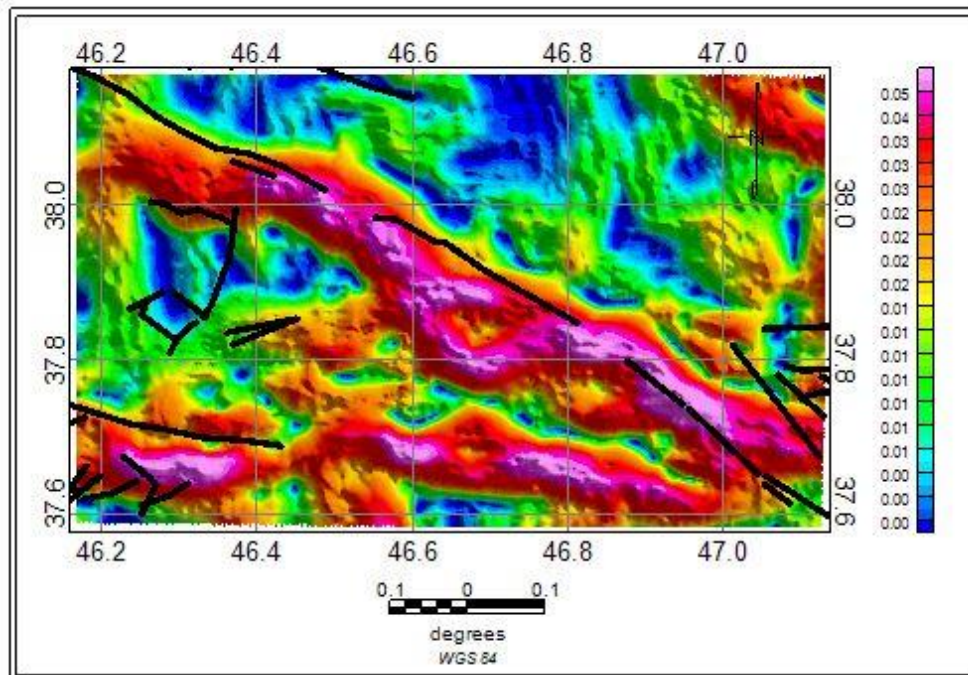
نتیجه‌ی اعمال روش ITM با مقادیر p متفاوت را می‌توان در شکل‌های ۵-۷ تا ۵-۹ مشاهده نمود. در تصویر خروجی اعمال این روش بر داده‌ی مغناطیس‌هوایی که روند گسل تبریز به خوبی مشخص شده

است و مرزهای آشکار شده روندی مشابه با گسل‌های منطقه دارند؛ به نظر می‌رسد که نتیجه‌ی خروجی بدون نوفه می‌باشد و این فیلتر متاثر از نوفه نمی‌باشد؛ در نتیجه، نیازی به استفاده از فیلتر ادامه‌ی فراسو نمی‌باشد.

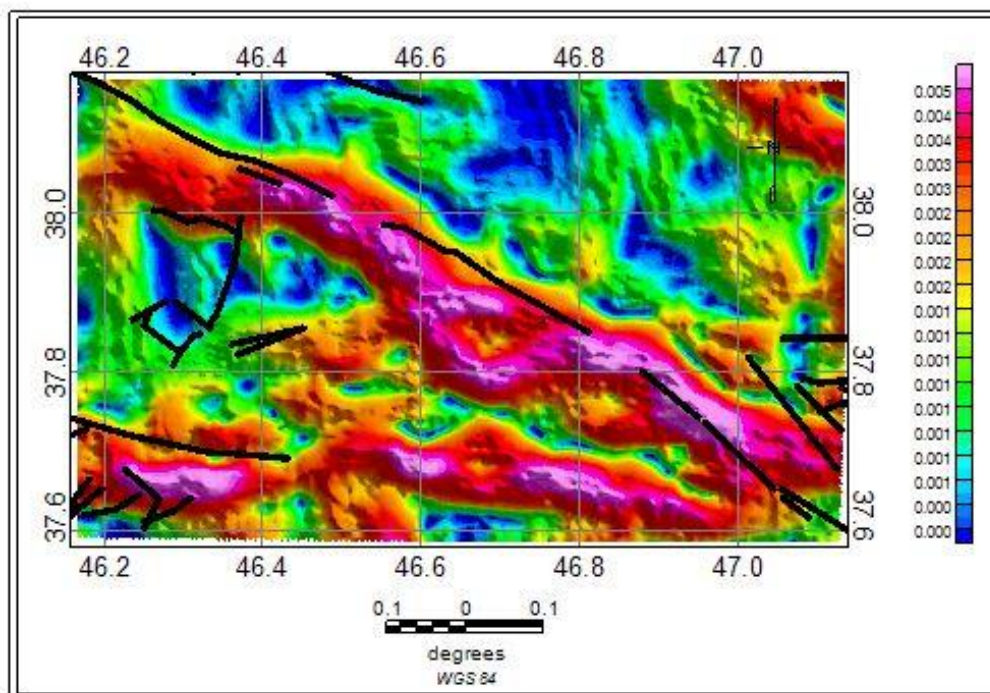


شکل ۵-۸: نتیجه‌ی اعمال روش ITM با $p=1$ بر داده‌ی مغناطیس هوایی و خطوط مشکی نشان دهنده‌ی گسل‌های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی

در شکل ۵-۸ دیده می‌شود روند گسل تبریز به خوبی نشان داده شده است و بخش اعظم این گسل بر روی قسمت‌های تشخیص داده شده توسط روش ITM قرار گرفته است؛ اما در محدوده‌ی مشخص شده توسط حرف A دیده می‌شود که مرزهای آشکار شده، روندی متفاوت با روند گسل منطقه دارد.



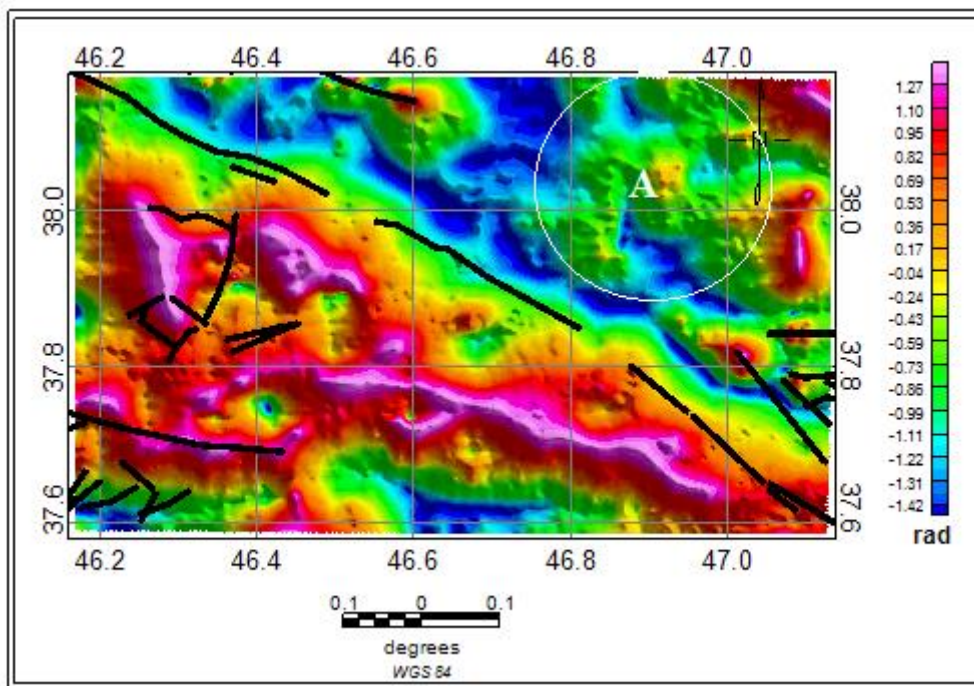
شکل ۵-۹: نتیجه‌ی اعمال روش ITM با $p=5$ بر داده‌ی مغناطیس هوایی و خطوط مشکی نشان دهنده‌ی گسل‌های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی



شکل ۵-۱۰: نتیجه‌ی اعمال روش ITM با $p=10$ بر داده‌ی مغناطیس هوایی و خطوط مشکی نشان دهنده‌ی گسل‌های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی

در شکل‌های ۵-۹ و ۵-۱۰ مشاهده می‌شود که روش ITM با افزایش مقدار p مرزهای ساختگی کمتری را در خروجی نشان می‌دهد و لبه‌های آشکارسازی شده روندی مطابق روند گسل‌های منطقه دارد. روند گسل تبریز نیز به خوبی نشان داده و حفظ شده است. همچنین دیده می‌شود که با افزایش مقدار p از مقداری به بعد نتیجه‌ی خروجی ثابت شده است و بهبود نمی‌یابد که این نکته در اعمال این روش بر مدل مصنوعی نیز مشاهده گردید.

در شکل زیر نتیجه‌ی خروجی روش زاویه شیب آورده شده است و مشاهده می‌شود روند گسل تبریز حفظ شده است؛ اما با توجه به این که این فیلتر در حالت کمینه نزدیک لبه‌ها را نشان می‌دهد؛ در محدوده‌ی مشخص شده توسط حرف A ساختارهایی نشان داده شده است که با روند گسل‌های منطقه همخوانی ندارد و در نتیجه نمی‌توان به خروجی این فیلتر اعتماد کرد.



شکل ۵-۱۱: نتیجه‌ی اعمال روش زاویه شیب بر داده‌ی مغناطیس‌هوایی و خطوط مشکی نشان‌دهنده‌ی گسل‌های مشخص شده توسط سازمان زمین‌شناسی

فصل ۶ : نتیجہ گیری و پیشہادہا

۶-۱ نتیجه گیری

با توجه به آنچه تا کنون در فصل‌های پیشین بحث شد، ملاحظه گردید که در این پژوهش عملکرد، دقت و وضوح تصویر نتایج شش روش تشخیص لبه در عمق‌ها و حالات مختلف بر روی دو مدل مصنوعی مغناطیسی و یک مدل نوفه‌دار، با یکدیگر مقایسه گردید و سپس این روش‌ها بر داده‌ی مغناطیس‌هوایی نیز اعمال شده و نتایج مورد سنجش قرار گرفت. یکی از این مدل‌ها متشکل از سه بلوک در عمق‌های ۳۰۰ متر، ۶۰۰ متر و ۹۰۰ متر بوده و این امکان فراهم آمد که نتیجه‌ی خروجی روش‌ها با افزایش عمق سنجیده شود. در حالت دیگر، با اعمال نوفه‌ی یک درصد بر مدل مذکور، نتایج تاثیرپذیری روش‌های آشکارساز لبه از وجود نوفه در مدل‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

در مدل مغناطیسی دوم دو بلوک مغناطیده با مغناطیس‌شدگی متفاوت و در عمق‌های ۲۰۰ متر و ۳۰۰ متر بدون فاصله، بر روی یکدیگر قرار گرفته‌اند؛ در این مدل علاوه بر پارامتر افزایش عمق، حالتی که دو بلوک با مغناطیس‌شدگی متفاوت با یکدیگر در تماس باشند و نیز با یکدیگر هم‌پوشانی داشته باشند؛ در تصویر خروجی مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از اعمال روش‌های مورد بررسی بر مدل‌های مصنوعی نام‌برده و داده‌ی واقعی، نتایج زیر بدست آمد:

- تصویر خروجی حاصل از اعمال روش THDR-TDR بر داده‌های ذکر شده نشان داد: این فیلتر در مدل مصنوعی لبه‌ها را با شدت بالا نمایش داده اما در عمق کم، مرز ساختگی در خروجی مشاهده گردید و نیز دیده شد که با وجود نوفه، لبه‌ی اضافی حتی در عمق بیشتر نیز تشکیل شده است و در نتیجه حساس به نوفه می‌باشد. در داده‌ی واقعی، این فیلتر نتیجه قابل قبول نداشته و شکستگی‌های غیر واقعی مشخص نمود.
- تصویر خروجی حاصل از اعمال روش THA با مقدار F ی که بهترین نتیجه حاصل شد، به صورت زیر به دست آمد:

نتیجه‌ی این روش بر روی مدل مصنوعی به این صورت نشان داده شد که لبه‌ها به خوبی نمایان

شده بودند؛ اما در یکی از مدل‌ها مرز اضافی و نادرست نیز به وجود آمده بود. همچنین مشاهده گردید که این فیلتر نسبت به نوفه بسیار حساس بوده و لبه‌های عمودی بلوک‌ها آشکارسازی نشده بود. در داده‌ی واقعی نیز پیوستگی گسل‌ها به خوبی حفظ نشده بود و شکستگی‌ها و مرزهایی مغایر با روند گسل‌های منطقه تشکیل شده بود.

- در تصویر خروجی اعمال روش TAAS بر داده‌ها نتایج زیر به دست آمد:

در مدل‌های مصنوعی و نیز مدل نوفه‌دار، لبه‌ها به خوبی و با شدت نمایش بسیار بالا نشان داده شده و با افزایش عمق تنها اندکی لبه‌ها پهن‌تر مشخص شده بود. این روش با وجود نوفه‌ی یک درصد حساسیت کمی از خود نشان داد؛ اما بر خلاف این نتایج، در داده‌های واقعی مرزها و شکستگی‌های غیر قابل توجه زیادی دیده شد.

- با اعمال روش ME بر داده‌ها نتایج زیر مشاهده گردید:

در مدل‌های مصنوعی لبه‌ها با شدت بسیار ضعیف و همراه با مرزهای ساختگی و اضافی تشکیل شده بود. در داده‌ی واقعی نیز شکستگی‌های بسیاری در محدوده‌ی مورد مطالعه مشاهده گردید که روندی مغایر با روند گسل‌های منطقه داشته و قابل توجه نبودند.

- در تصویر خروجی اعمال روش ITM نتایج زیر مشاهده گردید:

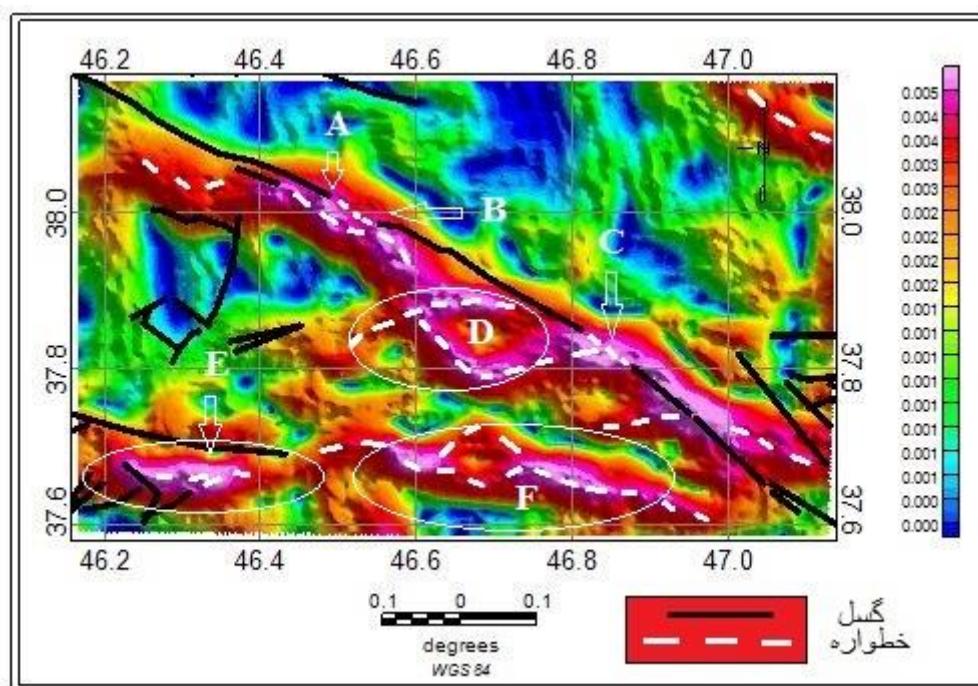
این روش در مدل مصنوعی، لبه‌ها را به درستی و بدون مرز ساختگی نمایش داد و حساسیت کمی نسبت به نوفه نشان داد به طوری که لبه‌ی اضافی در خروجی دیده نشد و تنها کمی از شدت نمایش لبه‌ها کاسته شده بود. این روش در داده‌ی واقعی نیز روند کلی گسل‌های تعیین شده توسط سازمان زمین‌شناسی را به خوبی حفظ کرده و شکستگی مغایر با روند گسل‌های منطقه در خروجی دیده نشد.

- با اعمال روش زاویه شیب بر داده‌ها نتایج زیر به دست آمد:

روش زاویه شیب، لبه‌ی مدل‌ها را با مرز ساختگی بسیاری نشان داده و نسبت به نوفه حساسیت از

خود نشان داد. در داده‌ی واقعی نیز در محدوده‌ای از منطقه‌ی مورد مطالعه شکستگی‌ها و لبه‌های بدون توجیه زمین‌شناسی تشکیل شده بود.

- با توجه به نتایج حاصل از روش ITM، شکستگی‌ها و خطواره‌های مغناطیسی آشکار شده توسط این فیلتر در داده‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه را واقعی تلقی کرده که این خطواره‌ها با خط‌چین‌های سفید مشخص شده است؛ ناحیه‌ی مشخص شده توسط حرف C، B و D واقع در شهر بستان‌آباد می‌باشد، محدوده‌ی F مربوط به شهر هشت‌رود بوده و منطقه‌ی واقع در شهر مراغه توسط حرف E مشخص شده است.



شکل ۶-۱: نتیجه‌ی اعمال روش ITM بر داده‌ی مغناطیس‌هوایی

- همچنین از تصویر خروجی روش ITM ای نتیجه حاصل می‌شود که قسمت‌هایی از گسل تبریز که به صورت گسسته بوده و به صورت شکستگی در ادامه‌ی این گسل آشکار شده است؛ در واقع ادامه‌ی گسل تبریز می‌باشد که در زیر رسوبات پنهان شده است و رخنمون ندارد. این قسمت‌ها که مربوط به شهر تبریز و بستان‌آباد می‌باشد با حرف A در تبریز و B و C در بستان‌آباد نشان داده شده است.

۲-۶ پیشنهادها

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان پیشنهادهای زیر را ارائه نمود:

- ترکیب روش‌های لبه‌یابی و ارائه‌ی روشی جدید به گونه‌ای که نقاط قوت آن‌ها حفظ شود و نقاط ضعف این فیلترها در روش جدید از بین برود.
- ترکیب نتایج روش‌های تشخیص لبه و ارائه‌ی نتیجه‌ای با عملکرد بهینه و دقیق‌تر.

THDR-TDR

```

close all
clear
clc
Data=xlsread('synthetic data.csv');
data=reshape(Data(:,3),100,100);
x1=reshape(Data(:,1),100,100);
y1=reshape(Data(:,2),100,100);
x=x1(1,:);
y=y1(:,1);

[nr,nc]=size(data);
[dx,dy]=gradient(data);
nmax=max([nr nc]); npts=2^nextpow2(nmax);
dz=vertical(data,npts,nc,nr,1);

THDR=sqrt(dx.^2+dy.^2);    %THDR%

[Nr,Nc]=size(THDR);
[Dx,Dy]=gradient(THDR);
Nmax=max([Nr Nc]); Npts=2^nextpow2(Nmax);
GzTHDR=vertical(THDR,Npts,Nc,Nr,1);

THDR_TDR=atan(GzTHDR./ (sqrt(Dx.^2+Dy.^2)));    %THDR-TDR%

figure(1); pcolor(x,y,data);colormap('jet');shading interp,colorbar,axis
equal,colorbar,axis tight,xlabel('x(m)'),ylabel('y(m)');

figure(2);pcolor(x,y,THDR_TDR);colormap('jet');shading
interp,colorbar,axis equal,colorbar,axis
tight,xlabel('x(m)'),ylabel('y(m)'),title('THDR-TDR 2011');

```

THA

```

close all
clear
clc
Data=xlsread('synthetic data.csv');
data=reshape(Data(:,3),100,100);
x1=reshape(Data(:,1),100,100);
y1=reshape(Data(:,2),100,100);
x=x1(1,:);
y=y1(:,1);
[nr,nc]=size(data);
[dx,dy]=gradient(data);
nmax=max([nr nc]); npts=2^nextpow2(nmax);
dz=vertical(data,npts,nc,nr,1);

AS=sqrt(dz.^2+dx.^2+dy.^2);
THDR=sqrt(dx.*dx+dy.*dy);

[Nr,Nc]=size(data);

```

```

[Dx,Dy]=gradient (THDR);
Nmax=max([Nr Nc]); Npts=2^nextpow2(Nmax);
Dz=vertical (THDR,Npts,Nc,Nr,1);
TAHG=atan (Dz./sqrt (Dx.^2+Dy.^2));

F=0.01;
THA=TAHG./ (AS.^F);

figure(1); pcolor(x,y,data);colormap('jet');shading interp,colormap,axis
equal,colorbar,axis tight,xlabel('x(m)'),ylabel('y(m)');

figure(2);pcolor(x,y,THA);colormap('jet');shading interp,colormap,axis
equal,colorbar,axis tight,xlabel('x(m)'),ylabel('y(m)'),title('THA
2015');

```

TAAS

```

close all
clear
clc
Data=xlsread('synthetic data.csv');
data=reshape(Data(:,3),100,100);
x1=reshape(Data(:,1),100,100);
y1=reshape(Data(:,2),100,100);
x=x1(1,:);
y=y1(:,1);

[nr,nc]=size(data);
[dx,dy]=gradient(data);
nmax=max([nr nc]); npts=2^nextpow2(nmax);
dz=vertical(data,npts,nc,nr,1);
AS=sqrt(dz.^2+dx.^2+dy.^2);

[nrA,ncA]=size(AS);
nmaxA=max([nrA ncA]); nptsA=2^nextpow2(nmaxA);
VAS=vertical(AS,nptsA,ncA,nrA,1);
[dxA,dyA]=gradient(AS);

TAAS=atan(VAS./sqrt(dxA.^2+dyA.^2)); %TAAS%

figure(1); pcolor(x,y,data);colormap('jet');shading interp,colormap,axis
equal,colorbar,axis tight,xlabel('x(m)'),ylabel('y(m)');

figure(2);pcolor(x,y,TAAS);colormap('jet');shading interp,colormap,axis
equal,colorbar,axis tight,xlabel('x(m)'),ylabel('y(m)'),title('TAAS
2016');

```

ME

```

close all
clear
clc
Data=xlsread(' synthetic data .csv');
data=reshape(Data(:,3),100,100);
x1=reshape(Data(:,1),100,100);
y1=reshape(Data(:,2),100,100);

```

```

x=x1(1,:);
y=y1(:,1);

[dx,dy]=gradient(data);
THDR=sqrt(dx.^2+dy.^2);
[nr,nc]=size(data);
nmax=max([nr nc]); npts=2^nextpow2(nmax);
dz=vertical(data,npts,nc,nr,1);

[Dx,Dy]=gradient(dx);
[Dx2,Dy2]=gradient(Dx);
[Dx3,Dy3]=gradient(Dy);
[Dxx,Dyy]=gradient(dy);
[nr1,nc1]=size(dx);
nmax1=max([nr1 nc1]); npts1=2^nextpow2(nmax1);
Dxz=vertical(dx,npts1,nc1,nr1,1);

[nr2,nc2]=size(dy);
nmax2=max([nr2 nc2]); npts2=2^nextpow2(nmax2);
Dyz=vertical(dy,npts2,nc2,nr2,1);

THDz=sqrt(Dxz.^2+Dyz.^2);
M=sqrt(dx.^2+dy.^2+dz.^2+Dx.^2+Dy.^2+Dyy.^2+Dxx.^2+dx.^2+dy.^2);
ME=(THDz./M).^2; %New Method

```

```

figure(1); pcolor(x,y,data);colormap('jet');shading interp,colormap,axis
equal,colorbar,axis tight,xlabel('x(m)'),ylabel('y(m)');

```

```

figure(2);pcolor(x,y,ME);colormap('jet');shading interp,colormap,axis
equal,colorbar,axis tight,xlabel('x(m)'),ylabel('y(m)'),title('ME 2017');

```

ITM

```

close all
clear
clc
Data=xlsread('synthetic data.csv');
data=reshape(Data(:,3),100,100);
x1=reshape(Data(:,1),100,100);
y1=reshape(Data(:,2),100,100);
x=x1(1,:);
y=y1(:,1);

[nr,nc]=size(data);
[dx,dy]=gradient(data);
nmax=max([nr nc]); npts=2^nextpow2(nmax);
dz=vertical(data,npts,nc,nr,1);

A=sqrt(dx.^2+dy.^2);
AS=sqrt(dz.*dz+dx.*dx+dy.*dy);
p=input('insert a positive constant value : ');

ITM=A./(AS+p); %ITM%

```

```

figure(1);subplot(2,2,1); pcolor(x,y,data);colormap('jet');shading
interp;colormap;axis equal,colorbar;axis
tight,xlabel('x(m)'),ylabel('y(m)');

figure(2);pcolor(x,y,ITM);colormap('jet');shading interp;colormap,axis
equal;colorbar;axis tight,xlabel('x(m)'),ylabel('y(m)'),title('ITM 2014');

function dz=vertical(data,npts,nc,nr,xint);

cdiff=floor((npts-nc)/2); rdiff=floor((npts-nr)/2);
data1=taper2d(data,npts,nc,nr,cdiff,rdiff);
f=fft2(data1); fz=f;
wn=2.0*pi/(xint*(npts-1));
f=fftshift(f);
cx=npts/2+1; cy=cx;
for I=1:npts
    freqx=(I-cx)*wn;
    for J=1:npts
        freqy=(J-cy)*wn;
        freq=sqrt(freqx*freqx+freqy*freqy);
        fz(I,J)=f(I,J)*freq;
    end;
end;
fz=fftshift(fz); fzinv=ifft2(fz);
dz=real(fzinv(1+rdiff:nr+rdiff,1+cdiff:nc+cdiff));

%*****

function gf=taper2d(g,npts,n,m,ndiff,mdiff);

gm=mean(g(:));
gf=zeros(npts); gf(mdiff+1:mdiff+m,ndiff+1:ndiff+n)=g-gm;
for J=mdiff+1:mdiff+m
    for I=1:ndiff
        gf(I,J)=gf(I,J)*((1+sin(-pi/2+(I-1)*pi/ndiff))*0.5);
        gf(npts-I+1,J)=gf(npts-I+1,J)*((1+sin(-pi/2+(I-1)*pi/ndiff))*0.5);
    end;
end;

for I=ndiff+1:ndiff+n
    for J=1:mdiff
        gf(I,J)=gf(I,J)*((1+sin(-pi/2+(J-1)*pi/(mdiff)))*0.5);
        gf(I,npts-J)=gf(I,npts-J)*((1+sin(-pi/2+(J-1)*pi/(mdiff)))*0.5);
    end;
end;

for J=1:mdiff
    for I=1:ndiff
        gf(I,J)=gf(I,J)*((1+sin(-pi/2+(I-1)*pi/(ndiff)))*0.5);
        gf(npts-I,J)=gf(npts-I,J)*((1+sin(-pi/2+(I-1)*pi/(ndiff)))*0.5);
    end;
end;

for J=mdiff+m:npts
    for I=1:ndiff

```

```

gf(I,J)=gf(I,J)*((1+sin(-pi/2+(I-1)*pi/(ndiff))))*0.5);
gf(npts-I,J)=gf(npts-I,J)*((1+sin(-pi/2+(I-1)*pi/(ndiff))))*0.5);
end;
end;
for J=mdiff+m:npts % Corners
for I=ndiff+n:npts
gf(I,J)=gf(I,J)*cos((I-ndiff-n)*pi/(2*ndiff))*cos((J-ndiff-
m)*pi/(2*mdiff));
end;
end;
for J=1:mdiff
for I=1:ndiff
gf(I,J)=gf(I,J)*cos((I-ndiff)*pi/(2*ndiff))*cos((J-
ndiff)*pi/(2*mdiff));
end;
end;
for J=1:mdiff
for I=ndiff+n:npts
gf(I,J)=gf(I,J)*cos((I-ndiff-n)*pi/(2*ndiff))*cos((J-
ndiff)*pi/(2*mdiff));
end;
end;
for J=mdiff+m:npts
for I=1:ndiff
gf(I,J)=gf(I,J)*cos((I-ndiff)*pi/(2*ndiff))*cos((J-ndiff-
m)*pi/(2*mdiff));
end;
end;

```

مراجع

- آقناباتی، ع.، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی ایران.
- بنی‌عامریان، ج.، اسکویی، ب.، ایمانی، پ.، ۱۳۹۱. سیگنال تحلیلی و مشتق‌های میدان پتانسیل از مرتبه کسری (کاربرد در تفسیر و پردازش)، مجله ژئوفیزیک ایران، جلد ۶، شماره ۳، ۱۶-۱.
- علمدار، ک.، انصاری، ع.، ۱۳۸۹. برآورد مرز بی‌هنجاری‌های میدان پتانسیل با مشتق قائم سیگنال تحلیلی، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۶، شماره ۳، ۷۹-۸۶.
- گزارش پشت نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ بستان‌آباد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (ارژنگ، ب.، امینی‌آذر، ر.، ۱۳۸۷).
- گزارش پشت نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ تبریز، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (سرتیپی، ع.، ر.، حق-فرشی، ع.، ۱۳۸۷).
- گزارش پشت نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ هشتروند (سراسکند)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (امینی‌آذر، ر.، قدیرزاده، ا.، ۱۳۸۷).

شیخ‌الاسلامی، م.، جوادی، ح.، اسدی سرشار، م.، آقاحسینی، ا.، کوه‌پیما، م.، وحدتی دانشمند، ب.، ۱۳۹۳. دانشنامه‌ی
گسله‌های ایران

کوثری، ا.، بحرودی، ع.، طالبیان، م و چهارزی، ع.، ۱۳۹۳. بررسی خاستگاه گسل‌ها و شکستگی‌ها بر پایه داده‌های
زیرسطحی و مدل‌سازی تجربی؛ یکی از میدان‌های هیدروکربوری خاور خلیج فارس، مجله‌ی علوم زمین شماره‌ی ۱۰۵،
ص ۱۵۷ تا ۱۶۶.

Ansari A.H., Alamdar, K., 2011. A new edge detection method based on the analytic signal of tilt angle (ASTA) for magnetic and gravity anomalies. Iranian Journal of Science & Technology (2011). A2, 81-88.

Arisoy M. and Dikmen U., 2013. Edge detection of magnetic sources using enhanced total horizontal derivative of the Tilt Angle. Yerbilimleri, 34 (1), 73-82.

Blakely, J. R., 1995 . Potential theory in gravity and magnetic applications. Cambridge University Press, 441 p.

Cooper, G.R.J., Cowan, D.R., 2006. Enhancing potential field data using filters based on the local phase. Computers and Geosciences 32 (2006) 1585–1591.

Cooper, G.R.J., Cowan, D.R., 2008. Edge enhancement of potential-field data using normalized statistics. Geophysics 73, H1–H4.

Du, W., Wu, Y., Guan, Y., Hao, M., 2017. Edge detection in potential field using the correlation coefficients between the average and standard deviation of vertical derivatives. Journal of Applied Geophysics.

Evjen H.M. 1936. The place of the vertical gradient in gravitational interpretations. Geophysics 1, 127-136.

Ferreira, F. J. F., L. G. de Castro, A. B. S. Bongioiolo, J. de Souza, M. A. T. Romeiro, 2011. Enhancement of the total horizontal gradient of magnetic anomalies using tilt derivatives: Part II—Application to real data. SEG, Expanded Abstracts, 887–891.

Hessami, k., Jamali, F., 2008. New evidence of earthquake faulting in the Tabriz city, NW Iran, *Geosciences scientific quarterly journal*. Vol 17. No. 1, special issue, 156-161.

Hsu, S. K., Coppers, D., Shyu, C. T., 1998, High-resolution detection of geologic boundaries from potential field anomalies, An enhanced analytic signal technique: *Geophysics*, 61, 1947-1957.

Li, X., 2006. Understanding 3D analytic signal amplitude", *Geophysics*, 71, No. 2, L13–L16.

Li, L., Huang, D., Han, L., Ma, G., 2014. Optimised edge detection filters in the interpretation of potential field data. *Exploration Geophysics*, 45, 171–176.

Luyendyk, A.P.J., 1997. Processing of airborne magnetic data. *Journal of Australian Geology & Geophysics*, 17(2), 31-38.

Ma, G., Huang, D., Liu, C., 2015. Step-edge detection filters for the interpretation of potential field data. *Pure and Applied Geophysics*.

Ma, G. and Li, L., 2011. Edge detection in potential fields with the normalized total horizontal derivative. *Computers & Geosciences* 41 (2012) 83–87.

Miller, H.G., Singh, V., 1994. Potential field tilt—a new concept for location of potential field sources. *Journal of Applied Geophysics* 32, 213–217.

Nabighian, M.N., 1972. The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section; its properties and use for automated anomaly interpretation, *Geophysics* 37, pp 507–517.

Nabighian, M. N. 1974. Additional comments on the analytic signal of twodimensional Magnetic bodies with polygonal cross-section, *Geophysics*, 39, pp 85–92.

Nasuti, Y., Nasuti, A., 2018. NTilt as an improved enhanced tilt derivative filter for edge detection of potential field anomalies.

Reeves, C., 2005. Aeromagnetic surveys.

Roest, W.R., Verhoef, J., Pilkington, M., 1992. Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal. *Geophysics* 57, 116–125.

Ting-Jie, Y., Yan-Gang, W., Yuan, Y., Ling-Na, C., 2016. Edge detection of potential field data using an enhanced analytic signal tilt angle. *Chinese Journal of Geophysics* 59, 341–349.

Wanyin, W., Yu, P., Zhiyun, Q., 2009. A new edge recognition technology based on the normalized vertical derivative of the total horizontal derivative for potential field data. *Applied Geophysics*, 6, 226 – 233.

Wijns, C., Perez, C., Kowalczyk, P., 2005. Theta map: edge detection in magnetic data. *Geophysics* 70, 39–43.

Abstract

According to the fact that the faults and fractures are the location of accumulation of mineral reserves, detection of these fractures is important in the exploration and extraction of mineral deposits. Also, despite of the possibility of hidden drift of faults and consequently the occurrence of events of sudden and catastrophic in urban areas, identification and determination of the exact location of faults can be considered. Applying techniques of edge detection in potential field data for geologists can also be useful in determining the boundaries of geological structures, fractures, and instrumental magnetic lines. In this research, we have tried to compare the accuracy, performance and resolution of the output of several methods of edge detection in potential field data, and finally, by using a method with higher resolution and accuracy, on the aeromagnetic data in East Azarbaijan province can be used to detect faults and lineaments buried under sediments. In order to achieve this goal, by applying these methods on the artificial model and then on the aeromagnetic data of area study, the desired result is obtained. In this thesis, in particular the Tabriz fault has been studied. In this research, the detection results of methods of the tilt derivative of the total horizontal gradient (THDR-TDR), the tilt angle of the horizontal gradient which normalized by the analytic signal amplitude (THA), the tilt angle of analytical signal (TAAS), the modulus of gradient tensors (ME) and the improved theta map (ITM) have been investigated. Finally, the result has obtained that the application of the ITM method on the artificial model has high resolution and accuracy and this method has presented an acceptable result.

Keyword : Edge detection, total horizontal gradient, the tilt angle of analytical signal, the modulus of gradient tensors, the improved theta map, Tabriz fault



Shahrood University of
Technology

Faculty of Mining, petroleum and Geophysics

M.Sc Thesis in Geophysics.

Comparison of the results of anomaly edge detection by
applying the methods THDR-TDR, THA, TAAS and ME on
aeromagnetic data of northwest region of Iran

By: Fahimeh moeini

Supervisor:

Dr. Ali Nejati kalateh

Dr. Amin Roshandel Kahoo

June, 2019