

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده : مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه : ژئوفیزیک - گرانی سنجی

عنوان پایان نامه ارشد

تخمین عمق آنومالی میدان گرانی با استفاده از روش اویلر مکانی

دانشجو : اکبر رحیمی یغمرلو

استاد یا اساتید راهنما :

دکتر علی نجاتی کلاته

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ماه ۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه : ژئوفیزیک - گرانی سنجی

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای / خانم اکبر رحیمی یغمرلو

تحت عنوان:

تخمین عمق آنومالی میدان گرانی با استفاده از روش اویلر مکانی

در تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۳۰ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی : دکتر علی نجاتی کلاته
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی : دکتر امین روشندل کاهو		نام و نام خانوادگی : دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی
			نام و نام خانوادگی : دکتر حمید آقاجانی

تقدیم به:

همسر صبور و فداکارم که طی این پروژه تمام بار زندگی را به دوش کشید

و

فرزند خوبم

و

پدر و مادر عزیزم که دعای خیر آنها بدرقه راهم بود

تشکر و قدردانی

خداوند عزیز و بزرگوار را سپاس که توفیق نگارش این پایان‌نامه را به من عطا فرمود و مرا در این راه کمک و یاری فرمود. همچنین بر خود واجب می‌دانم که مراتب تشکر و قدردانی فراوان خود را به استاد گرامی جناب آقای دکتر علی نجاتی به خاطر تمام راهنمایی‌ها و حمایت‌های بی دریغ خود چه از منظر علمی و چه از منظر اخلاقی اعلام نمایم. از تمامی اساتید دوره کارشناسی ارشد خود کمال تشکر و قدردانی را دارم. و نیز از داوران محترم این پایان‌نامه جناب دکتر حمید آقاجانی و دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی که با نظرات سازنده‌ی خود موجب اعتلای هرچه بیشتر این پایان‌نامه شدند کمال تشکر را دارم. در پایان از دوستان عزیزم، مهندس احمد مرادی، مهندس ایمان شهبازی و مهندس علیرضا امامی به دلیل کمک‌های فراوانی که به بنده در طول این پروژه کرده‌اند تشکر می‌کنم.

تعهد نامه

اینجانب اکبر رحیمی یغمرو دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته ژئوفیزیک دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه کارشناسی ارشد تحت عنوان تخمین عمق آنومالی میدان گرانی با استفاده از روش اویلر مکانی تحت راهنمایی دکتر علی نجاتی کلاته متعهد می شوم.

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده

در اکتشافات ژئوفیزیکی، نقش روشهای میدان پتانسیل غیر قابل انکار می باشد. در تفسیر داده‌های میدان پتانسیل یکی از اهداف اصلی، تعیین محل و تعیین عمق ناهنجاری مغناطیسی یا گرانشی می باشد. در این پایان نامه، برای تخمین عمق آنومالی میدان گرانی از روش اویلر استفاده شده است. به همین منظور، ابتدا این روش روی داده‌های مصنوعی اعمال و با کمک گرفتن از نتایج حاصل از آن، این روش روی داده‌های میدان گرانی حاصل از گنبد نمکی هامیل اعمال شد.

ابتدا با در نظر گرفتن پنجره اویلر مناسب، روش اویلر استاندارد روی مدل مکعب در اعماق مختلف اعمال شد و مشخص شد که اندیس ساختاری مکعب با افزایش عمق افزایش می یابد سپس این روش روی مدل دو مکعب و پنج مکعب اعمال شد و مشخص شد که با افزایش تعداد مکعب، اندیس ساختاری تغییر چندانی نمی کند. در ادامه، روش اویلر استاندارد روی مدل کره در اعماق مختلف اعمال شد و نتیجه بر آن شد که اندیس ساختاری کره با تغییر عمق، تغییری نمی کند و مقدار ۲ برای اندیس ساختاری به دست آمد.

در ادامه، روش اویلر مکانی روی مدل مکعب در اعماق مختلف، دو مکعب، پنج مکعب و کره در اعماق مختلف اعمال شد و نتایج مشابه با روش اویلر استاندارد حاصل شد.

با در نظر گرفتن نتایج حاصل از اعمال روش اویلر روی داده‌های مصنوعی و با در نظر گرفتن گنبد نمکی هامبل به صورت مدل کره، روش اویلر استاندارد روی داده‌ها اعمال شد و عمق مرکز گنبد نمکی، ۶٫۹ کیلومتر حاصل شد. سپس روش اویلر مکانی روی داده‌ها اعمال شد و عمق ۴٫۶ کیلومتر برای مرکز گنبد نمکی برآورد شد.

از مقایسه نتایج حاصل از روش اویلر استاندارد و روش اویلر مکانی با نتایج حاصل از روشهای دیگر که در مقالات مختلف درج شده، نتیجه حاصل از اعمال روش اویلر مکانی نزدیک به نتایج حاصل از روشهای دیگر که در مقالات متعدد درج شده می باشد.

کلمات کلیدی

روش اویلر استاندارد، روش اویلر مکانی، پنجره اویلر، اندیس ساختاری، گنبد نمکی هامبل.

مقالات مستخرج از پایان نامه

مقالات کنفرانسی

رحیمی ا، نجاتی ع، (۱۳۹۲) " برآورد عمق آنومالی گرانی با استفاده از دیکانولوشن اوپلر استاندارد و دیکانولوشن اوپلر مکانی " سی و دومین گردهمایی بین المللی علوم زمین، ایران، تهران.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: کلیات
۲	۱-۱ مقدمه
۵	۲-۱ روش‌های میدان پتانسیل در ژئوفیزیک
۵	۱-۲-۱ تاریخچه و نقش روش مغناطیسی در اکتشاف منابع زیر زمینی
۷	۲-۲-۱ تاریخچه و کاربرد روش گرانی‌سنجی در اکتشافات ژئوفیزیکی
۱۰	۳-۱ مزایا و معایب روش گرانی و مغناطیس‌سنجی
۱۱	۴-۱ هدف از انجام پایان‌نامه
۱۲	۵-۱ ساختار پایان‌نامه
۱۳	فصل دوم: معرفی روش اویلر و بیان تئوری و روابط مربوط به آن
۱۴	۱-۲ مقدمه
۱۶	۲-۲ معادله همگن اویلر
۲۱	فصل سوم: اعمال دیکانولوشن اویلر روی داده‌های مصنوعی
۲۲	۱-۳ مقدمه
۲۴	۲-۳ روش اویلر استاندارد
۲۴	۱-۲-۳ اعمال روش اویلر استاندارد روی داده‌های مصنوعی مکعب
۳۸	۲-۲-۳ اعمال روش اویلر استاندارد روی داده‌های مصنوعی دو مکعب
۴۵	۳-۲-۳ اعمال روش اویلر استاندارد روی داده‌های مصنوعی پنج مکعب
۵۱	۴-۲-۳ اعمال روش اویلر استاندارد روی داده‌های مصنوعی کره
۶۰	۳-۳ روش اویلر مکانی
۶۰	۱-۳-۳ اعمال روش اویلر مکانی روی داده‌های مصنوعی مکعب

۶۳	..... اعمال روش اویلر مکانی روی داده‌های مصنوعی دو مکعب
۶۵	..... اعمال روش اویلر مکانی روی داده‌های مصنوعی پنج مکعب
۶۶	..... اعمال روش اویلر مکانی روی داده‌های مصنوعی کره
۶۹	..... جمع‌بندی نتایج اعمال روش اویلر روی داده‌های مصنوعی
۷۱	فصل ۴ : اعمال روش اویلر روی داده‌های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل
۷۲	..... ۱-۴ مقدمه
۷۲	..... ۱-۱-۴ گنبد نمکی
۷۲	..... ۲-۱-۴ اجزای گنبد نمکی
۷۲	..... ۳-۱-۴ مکانیسم تشکیل گنبدهای نمکی
۷۳	..... ۴-۱-۴ نفت‌گیرهای گنبد نمکی
۷۳	..... ۵-۱-۴ گنبد نمکی هامبل
۷۴	..... ۲-۴ اعمال روش اویلر استاندارد روی داده‌های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل
۸۰	..... ۳-۴ اعمال روش اویلر مکانی روی داده‌های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل
۸۳	فصل پنجم : نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۸۴	..... ۱-۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۸۷	..... منابع فارسی
۸۸	..... مراجع انگلیسی

فهرست شکل‌ها و نمودارها

صفحه	عنوان
	فصل دوم: معرفی روش اویلر و بیان تئوری و روابط مربوط به آن
۱۹	شکل ۲-۱: نحوه حرکت پنجره روی داده‌های شبکه
۱۹	شکل ۲-۲: محدوده جواب‌های قابل قبول در روش اویلر
	فصل سوم: اعمال دیکانولوشن اویلر روی داده‌های مصنوعی
۲۳	شکل ۳-۱: نمایی از نرم‌افزار oasis montaj
۲۴	شکل ۳-۲: دیاگرام اعمال روش اویلر روی داده‌های میدان پتانسیل
۲۵	شکل ۳-۳: نمای از محیط نرم افزار oasis montaj و داده‌های وارد شده به نرم افزار
	شکل ۳-۴: طریقه قرار گرفتن مکعب در عمق ۵ متری. تباین چگالی مکعب با محیط
۲۶	اطراف $1 \frac{g}{cm^3}$ می‌باشد
۲۶	شکل ۳-۵: پربند حاصل از آنومالی گرانی مدل مکعب
۲۶	شکل ۳-۶: پربند حاصل از گرادیان قائم مدل مکعب
۲۷	شکل ۳-۷: پربندهای حاصل از گرادیان‌های افقی مدل مکعب
۲۸	شکل ۳-۸: نمایی از نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد بر روی داده‌های مصنوعی ...
۲۸	شکل ۳-۹: اعمال روش اویلر استاندارد روی مکعب ، در عمق ۵ متری
۲۹	شکل ۳-۱۰: نمودار خطای تخمین عمق بر حسب پهنای پنجره برای مکعب در عمق ۵ متری
	شکل ۳-۱۱: نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد روی مکعب در عمق ۵ متری قبل از
۳۰	فیلتر کردن
	شکل ۳-۱۲: نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی مکعب و اعمال روش اویلر استاندارد

- ۳۰ قبل از فیلتر کردن
- ۳۲ شکل ۳-۱۳: نمایی از جواب‌های حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد بعد از فیلتر کردن
شکل ۳-۱۴: نتایج حاصل از روش اویلر استاندارد روی مکعب در عمق ۵ متری
- ۳۳ بعد از فیلتر کردن
- شکل ۳-۱۵: نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی مکعب و اعمال روش اویلر استاندارد
- ۳۳ بعد از فیلتر کردن
- شکل ۳-۱۶: نمودار خطای تخمین عمق بر حسب پهناي پنجره برای مکعب در عمق ۱۰ متر
- شکل ۳-۱۷: نمودار خطای تخمین عمق بر حسب پهناي پنجره برای مکعب در عمق ۱۵ متر.....
- شکل ۳-۱۸: نمودار خطای تخمین عمق بر حسب پهناي پنجره برای مکعب در عمق ۳۰ متر.....
- شکل ۳-۱۹: نمودار اندیس ساختاری مکعب بر حسب عمق مکعب از سطح زمین
- شکل ۳-۲۰: طریقه قرارگیری دو مکعب در اعماق ۳ و ۶ متری از سطح زمین که تباین چگالی آنها
- ۳۹ با محیط $1 \frac{g}{cm^3}$ می‌باشد
- ۴۰ شکل ۳-۲۱: پربند حاصل از آنومالی گرانی مدل دو مکعب
- ۴۰ شکل ۳-۲۲: پربند حاصل از گرادیان قائم گرانی مدل دو مکعب
- ۴۱ شکل ۳-۲۳: پربندهای حاصل از گرادیان‌های افقی گرانی مدل دو مکعب
- ۴۲ شکل ۳-۲۴: نمودار خطای تخمین عمق بر حسب اندازه پنجره مدل دو مکعب
- ۴۳ شکل ۳-۲۵: نتایج حاصل از روش اویلر استاندارد روی دو مکعب قبل از فیلتر کردن
- شکل ۳-۲۶: نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی دو مکعب و اعمال روش اویلر استاندارد
- ۴۳ قبل از فیلتر کردن
- ۴۴ شکل ۳-۲۷: نتایج حاصل از روش اویلر استاندارد روی مدل دو مکعب بعد از فیلتر کردن

- شکل ۳-۲۸: نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی دو مکعب و اعمال روش اویلر
- ۴۴ استاندارد بعد از فیلتر کردن
- شکل ۳-۲۹: طریقه قرار گرفتن پنج مکعب در عمق‌های مختلف از سطح زمین که تباین
- ۴۶ چگالی با محیط $1 \frac{g}{cm^3}$ است.
- شکل ۳-۳۰: پربند حاصل از ناهنجاری گرانی مدل پنج مکعب ۴۶
- شکل ۳-۳۱: پربند حاصل از گرادیان قائم مدل پنج مکعب ۴۷
- شکل ۳-۳۲: پربندهای حاصل از گرادیانهای افقی مدل پنج مکعب ۴۸
- شکل ۳-۳۳: نمودار خطای تخمین عمق بر حسب پهناي پنجره مدل پنج مکعب ۴۸
- شکل ۳-۳۴: نتایج حاصل از روش اویلر استاندارد روی پنج مکعب قبل از فیلتر کردن ۴۹
- شکل ۳-۳۵: نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی پنج مکعب و اعمال روش اویلر
- ۴۹ استاندارد قبل از فیلتر کردن
- شکل ۳-۳۶: نتایج حاصل از روش اویلر استاندارد روی پنج مکعب در عمق ۱۰ متری بعد
- ۵۰ از فیلتر کردن
- شکل ۳-۳۷: نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی پنج مکعب و اعمال روش اویلر
- ۵۰ استاندارد بعد از فیلتر کردن
- شکل ۳-۳۸: طریقه قرارگیری کره در عمق ۱۰ متری با تباین چگالی $1.1 \frac{g}{cm^3}$ با محیط ۵۱
- شکل ۳-۳۹: پربند حاصل از ناهنجاری گرانی مدل کره ۵۲
- شکل ۳-۴۰: پربند حاصل از گرادیان قائم مدل کره ۵۳
- شکل ۳-۴۱: پربندهای حاصل از گرادیانهای افقی مدل کره ۵۳
- شکل ۳-۴۲: نمودار خطای تخمین عمق بر حسب پهناي پنجره مدل کره در عمق ۱۰ متری ۵۴
- شکل ۳-۴۳: نتایج حاصل از روش اویلر استاندارد روی کره در عمق ۱۰ متری قبل از فیلتر کردن ۵۵

شکل ۳-۴۴: نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی کره و اعمال روش اویلر

- ۵۵ استاندارد قبل از فیلتر کردن
- شکل ۳-۴۵: نتایج حاصل از روش اویلر استاندارد روی کره در عمق ۱۰ متری بعد از فیلتر کردن ۵۶
- شکل ۳-۴۶: نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی کره و اعمال روش اویلر استاندارد
- ۵۶ بعد از فیلتر کردن
- شکل ۳-۴۷: نمودار خطای تخمین عمق بر حسب پهناى پنجره مدل کره در عمق ۵ متری ۵۷
- شکل ۳-۴۸: نمودار خطای تخمین عمق بر حسب پهناى پنجره مدل کره در عمق ۲۰ متری ۵۸
- شکل ۳-۴۹: نمودار خطای تخمین عمق بر حسب پهناى پنجره مدل کره در عمق ۴۰ متری ۵۸
- شکل ۳-۵۰: پربند حاصل از سیگنال تحلیلی مدل مکعب و تعیین پیک بی‌هنجاری ۶۱
- شکل ۳-۵۱: نتایج حاصل از اعمال روش اویلر مکانی روی مدل مکعب ۶۱
- شکل ۳-۵۲: پربند حاصل از سیگنال تحلیلی مدل دو مکعب و تعیین پیک بی‌هنجاری ۶۳
- شکل ۳-۵۳: نتایج حاصل از اعمال روش اویلر مکانی روی مدل دو مکعب ۶۴
- شکل ۳-۵۴: پربند حاصل از سیگنال تحلیلی مدل پنج مکعب و تعیین پیک بی‌هنجاری ۶۵
- شکل ۳-۵۵: پربند حاصل از سیگنال تحلیلی مدل پنج مکعب و تعیین پیک بی‌هنجاری ۶۵
- شکل ۳-۵۶: پربند حاصل از سیگنال تحلیلی مدل کره و تهیه پیک‌های بی‌هنجاری ۶۶
- شکل ۳-۵۷: نتایج حاصل از اعمال روش اویلر مکانی روی مدل کره ۶۷

فصل چهارم: اعمال روش اویلر بر روی داده‌های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل

- شکل ۴-۱: پربند حاصل از داده‌های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل ۷۴
- شکل ۴-۲: پربندهای حاصل از گرادیان‌های افقی میدان گرانی گنبد نمکی هامبل ۷۵
- شکل ۴-۳: پربند حاصل از گرادیان قائم میدان گرانی گنبد نمکی هامبل ۷۶

- شکل ۴-۴: نمودار خطای تخمین عمق بر حسب ابعاد پنجره برای گنبد نمکی هامبل ۷۷
- شکل ۴-۵: اعمال روش اویلر استاندارد روی داده‌های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل قبل
از فیلتر کردن ۷۷
- شکل ۴-۶: نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی گنبد نمکی هامبل و اعمال روش
اوایلر استاندارد قبل از فیلتر کردن ۷۸
- شکل ۴-۷: اعمال روش اویلر استاندارد روی داده‌های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل بعد
از فیلتر کردن ۷۹
- شکل ۴-۸: نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی گنبد نمکی هامبل و اعمال روش
اوایلر استاندارد بعد از فیلتر کردن ۷۹
- شکل ۴-۹: پربند حاصل از سیگنال تحلیلی گنبد نمکی هامبل ۸۰
- شکل ۴-۱۰: اعمال روش اویلر مکانی روی داده‌های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل ۸۱
- شکل ۴-۱۱: نمای سه بعدی از آنومالی گنبد نمکی هامبل و اعمال روش اویلر مکانی ۸۲

فهرست جداول

صفحه	عنوان
	فصل دوم: معرفی روش اویلر و بیان تئوری و روابط مربوط به آن
۱۸	جدول ۱-۲: مقادیر ضریب ساختاری برای شکل‌های مختلف زمین‌شناسی
	فصل سوم: اعمال دیکانولوشن اویلر روی داده‌های مصنوعی
۳۴	جدول ۱-۳: نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد، روی مکعب در عمق ۵ متری
۳۶	جدول ۲-۳: نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد، روی مکعب در عمق ۱۰ متری
۳۷	جدول ۳-۳: نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد، روی مکعب در عمق ۱۵ متری
۳۷	جدول ۴-۳: نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد، روی مکعب در عمق ۳۰ متری
۴۵	جدول ۵-۳: نتایج حاصل از روش اویلر استاندارد، روی مدل دو مکعب
۵۱	جدول ۶-۳: نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد، روی مدل پنج مکعب
۵۷	جدول ۷-۳: نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد، روی کره در عمق ۱۰ متری
۵۹	جدول ۸-۳: نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد، روی کره در عمق ۵ متری
۵۹	جدول ۹-۳: نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد، روی کره در عمق ۲۰ متری
۶۰	جدول ۱۰-۳: نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد، روی کره در عمق ۴۰ متری
۶۲	جدول ۱۱-۳: نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی، روی مدل مکعب در عمق ۵ متری
۶۲	جدول ۱۲-۳: نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی، روی مدل مکعب در عمق ۱۰ متری
۶۲	جدول ۱۳-۳: نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی، روی مدل مکعب در عمق ۱۵ متری
۶۳	جدول ۱۴-۳: نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی، روی مدل مکعب در عمق ۳۰ متری

- جدول ۳-۱۵: نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی، روی مدل دو مکعب ۶۴
- جدول ۳-۱۶: نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی، روی مدل پنج مکعب ۶۶
- جدول ۳-۱۷: نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی، روی مدل کره در عمق ۲۰ متری ۶۷
- جدول ۳-۱۸: نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی، روی مدل کره در عمق ۵ متری ۶۸
- جدول ۳-۱۹: نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی، روی مدل کره در عمق ۱۰ متری ۶۸
- جدول ۳-۲۰: نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی، روی مدل کره در عمق ۴۰ متری ۶۸

فصل چهارم: اعمال روش اویلر بر روی داده‌های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل

- جدول ۴-۱: تعیین حداقل خطای تخمین عمق با توجه به پنجره انتخابی برای گنبد نمکی هامبل ۷۶
- جدول ۴-۲: نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد، روی داده‌های میدان گرانی

۸۰ گنبد نمکی هامبل

جدول ۴-۳: نتایج حاصل از اعمال روش اویلر مکانی، روی داده‌های میدان گرانی

۸۱ گنبد نمکی هامبل

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

جدول ۵-۱: مقایسه نتایج حاصل از روشها برای تفسیر گنبد نمکی هامبل

۸۶ (آقاجانی و همکاران (۱۳۸۸)

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

علم ژئوفیزیک با فیزیک زمین و جو اطراف آن سر و کار دارد. کشف گیلبرت^۱ در مورد اینکه زمین مثل یک مغناطیس بزرگ و تا اندازه‌ای بی‌قاعده عمل می‌کند و نیز نظریه نیوتون در مورد گرانش را می‌توان شروع علم ژئوفیزیک دانست. تاریخچه معدن‌شناسی و جستجوی فلزات به زمانهای اولیه بر می‌گردد ولی قدم ابتدایی در کاربرد ژئوفیزیک به منظور جستجوی کانیها در سال ۱۸۴۳ برداشته شد. در این زمان فن ورده^۲، خاطر نشان کرد که تئودولیت مغناطیسی که لامن^۳ برای اندازه‌گیری تغییرات میدان مغناطیسی زمین به کار می‌برد ممکن است برای کشف کانیهای مغناطیسی نیز به کار برود. با وجود این، این نظر تا انتشار کتاب پروفیسور تالن^۴ در سال ۱۸۷۹، تحت عنوان کانسارهای آهن با روشهای مغناطیسی^۵ کاربردی پیدا نکرد. مغناطیس‌سنج تالن - تیرگ^۶ که در سوئد ساخته شد و همچنین دستگاه تامسون - تالن^۷، وسیله‌هایی برای تعیین محل، امتداد^۸، شیب و عمق زیر سطحی دایکهای مغناطیسی بود. (Telford, 1988)

تقاضای مداوم و فزاینده انواع فلزات و افزایش خیلی زیاد و مصرف نفت و گاز طبیعی در طول پنجاه سال گذشته باعث توسعه بسیاری از تکنیک‌های ژئوفیزیکی با دقت‌های زیاد برای آشکارسازی و نقشه‌برداری نهشته‌ها و ساختارهای غیر قابل رویت شد. به علت توسعه وسایل الکترونیکی در تجهیزات، تقاضای مداوم و فزاینده انواع فلزات و افزایش بسیار زیاد و مصرف نفت و گاز طبیعی در طول پنجاه سال گذشته باعث توسعه بسیاری از تکنیک‌های ژئوفیزیکی با دقت‌های زیاد برای آشکارسازی و نقشه‌برداری نهشته‌ها و ساختارهای غیر قابل رویت شد. به علت توسعه وسایل الکترونیکی در تجهیزات

¹Gilbert

²Vonwrede

³Lamont

⁴Robert Thalen

⁵iron ore deposits by magnetic methods

⁶Thalen-Tiberg

⁷Thomson-Thalen

⁸strike

صحرائی و کاربرد وسیع حسابگرهای رقمی در تحلیل داده‌های ژئوفیزیکی، پیشرفت تکنیکها بسیار سریع بوده است. (Telford,1988)

از آنجائیکه اکثر نهشته‌های کانی^۱ در زیر سطح زمین قرار دارد، آشکارسازی آنها به ویژگیهایی بستگی دارد که آنها را از محیط اطراف متمایز می‌سازد. روشهایی بر مبنای تغییرات خواص کشسانی^۲ سنگها توسعه پیدا کرد که توسط آنها می‌توان ساختارهای مربوط به نفت و گاز و نظیر گسلها، تاقدیسها و ناودیسها را، هر چند که در عمق هزاران فوتی در زیر زمین قرار داشته باشند، تعیین کرد. تغییرات در رسانندگی الکتریکی و جریان‌های طبیعی، آهنگ واپاشی اختلاف پتانسیل‌های مصنوعی وارده به زمین، تغییرات محلی گرانی، مغناطیس و رادیواکتیویته همگی اطلاعاتی را در مورد ساختارهای زیرزمینی برای ژئوفیزیکدان فراهم می‌آورد که او را در تعیین محل‌های مناسب برای جستجوی نهشته‌های کانی یاری می‌کند. ابزارهای اکتشافی که امروزه توسط ژئوفیزیکدانها به کار می‌رود از روشهای به کار رفته در مورد تعیین محل توپها، زیر دریایی‌ها و هواپیماها در اثنای دو جنگ جهانی به وجود آمده است. در فرانسه در حین جنگ جهانی دوم، محل توپها را، با اندازه‌گیری زمان ورود امواج کشسان حاصله از پس زدن توپ در داخل زمین، تعیین می‌کردند. محل زیردریائیها به وسیله تپ‌های صوت ارسالی در زیر آب و اندازه‌گیری فاصله بین گسل تپ و بازگشت آن تعیین می‌شد. با داشتن سرعت صوت در آب، محل جسم بازتابنده قابل تعیین بود. در هر دو جنگ جهانی، کشتیها، زیردریائیها و مین‌ها را نیز با استفاده از خواص مغناطیسی آنها آشکارسازی کردند. (Telford,1988)

ژئوفیزیک کاربردی در جستجو برای کانیها، نفت و گاز را می‌توان عموماً به روشهای اکتشافی زیر تقسیم کرد:

گرانشی، مغناطیسی، الکتریکی، الکترومغناطیسی، لرزه‌ای، رادیواکتیو، چاه نگاری و روشهای شیمیایی .

¹mineral

²elastic

³pulse

واضح است که برخی شرایط زمین‌شناسی عموماً با کانه‌های فلزی ارتباط دارند و بقیه با نفت و گاز. کانسارها معمولاً در مناطقی یافت می‌شوند که در آنجا فعالیتهای آذرین شدید، روی داده و پس از آن ممکن

است تحت فرایندهای دگرگونی قرار گرفته یا نگرفته باشند و نهایتاً فرسایش کافی، این نهشته‌ها را به نزدیکی

سطح زمین کشانده تا قابل کشف و بهره‌برداری باشند. از طرف دیگر، ذغال سنگ نتیجه دفن سریع گیاهان فراوان موجود در نزدیکی دریا یا دریاچه‌های بزرگ است، در حالی که گاز و نفت معمولاً از نهشتن و متعاقباً

دفن شدن مواد آلی دریایی به وجود می‌آید. (Telford, 1988)

بنابراین طبیعی است که اکتشافات کانی در مناطقی صورت می‌گیرد که برای ایجاد کانی مورد نظر مناسب است. انتخاب تکنیک یا تکنیک‌هایی برای تعیین محل یک کانی به خصوص، به تباین آن کانی و سنگهای اطراف آن ارتباط دارد. گاهی اوقات ممکن است یک روش، نشانه مستقیمی از وجود کانی مورد نظر را در اختیار قرار دهد، مثل مواقعی که روش مغناطیس برای یافتن کانه‌های مغناطیسی از آهن یا نیکل به کار می‌رود. در موارد دیگر، یک روش ممکن است تنها نشانه‌ای از مناسب بودن شرایط برای حضور کانی مورد نظر باشد، به عنوان مثال، روش مغناطیسی در اکتشاف نفت غالباً به عنوان وسیله شناسایی در تعیین عمق سنگ کف‌های آذرین به کار می‌رود، تا معلوم شود در کجا رسوبها به اندازه کافی ضخیم هستند که اکتشاف نفت تضمین شود. (Telford, 1988)

کاربرد هواپیما برای حمل وسایل مغناطیسی، الکترومغناطیسی و وسایل دیگر در بررسیها، سریعترین روش یافتن بی‌هنجاریهای ژئوفیزیکی است. این گونه اندازه‌گیریهای هوایی همچنین ارزانترین روشهایی است که مناطق بزرگی را در بر می‌گیرد و لذا در بررسی‌های شناسایی به کار گرفته می‌شوند. اکتشاف لرزه‌ای تکنیک دیگری است برای کشف حوزه‌های بزرگ که در خشکی و در دریا به کار می‌رود، ولی مستلزم زمان طولانی‌تر و هزینه بیشتری است. (Telford, 1988)

۲-۱ روش‌های میدان پتانسیل در ژئوفیزیک

۱-۲-۱ تاریخچه و نقش روش مغناطیسی در اکتشاف منابع زیر زمینی

به طور حتم بیش از هر ویژگی ژئوفیزیکی کره خاکی ما، میدان مغناطیسی زمین به مدت طولانی‌تری مورد مطالعه و اندازه‌گیری قرار گرفته است. ردپای کنجاوی در مورد جذب متقابل سنگ‌های مغناطیسی زمین را می‌توان تا زمان تالس، یک فیلسف‌دان عهد یونان باستان در قرن ششم قبل از میلاد پیدا کرد. چینی‌ها در اوایل قرن اول میلادی و یا حتی زودتر از این در قرن دوم قبل از میلاد به تمایل ویژه سنگ کهربا برای قرار گرفتن در جهت‌های خاص پی‌برده بودند. چینی‌ها اولین افرادی بودند که پی‌بردند زمین دارای خاصیت ویژه‌ای است که اشیاء مغناطیسی را مورد تاثیر قرار می‌دهد. این یافته راه را برای اختراع اولین قطب‌نمای مغناطیسی در چین در قرن ۱۱ هموار کرد و اندازه‌گیری انحراف میدان مغناطیسی^۱ را ممکن ساخت. (ویکی پدیا^۲)

کاربرد روش‌های مغناطیس‌سنجی در مسائل زمین‌شناسی به موازات تحولات در ساخت مغناطیس‌سنج‌ها گسترش یافت. قدمت کاربرد روش‌های مغناطیسی در اکتشافات معدنی و مسائل زمین‌شناسی حداقل به ۱۶۳۰ میلادی می‌رسد، وقتی که یک قطب‌نمای مغناطیسی جهت اکتشاف معدن سنگ آهن در سوئد مورد استفاده قرار گرفت. منطقه‌ای که در آن جهت عقربه قطب‌نما و یا زاویه انحراف مغناطیسی بطور قابل ملاحظه‌ای از مقدار عادی زاویه انحراف منطقه متفاوت بود بعنوان منطقه آنومالی که می‌تواند معدن آهن باشد شناسایی شد. بنابراین تفسیر میدان مغناطیسی یکی از قدیمی‌ترین روش‌های ژئوفیزیک اکتشافی است. اولین اندازه‌گیری میدان مغناطیسی بر روی خشکی و با استفاده از مغناطیس‌سنج تعادلی که از لحاظ کارکرد مشابه گرانی‌سنج‌های متداول امروزی است،

¹declination

² <http://fa.wikipedia.org>

انجام شد. باید خاطر نشان کرد که آقای ماکس توماس ادلمن^۱ با استفاده از همین مغناطیس سنج‌های تعادلی و سوار بر بالون اولین اندازه‌گیری مغناطیسی هوایی را در اولین دهه قرن بیستم انجام داد. مزیت فوق‌العاده اندازه‌گیری‌های هوایی مغناطیس (مغناطیس‌سنجی هوایی)^۲ توسط هواپیما یا چرخ‌بال در مقایسه با اندازه‌گیری‌های زمینی فراهم آوردن پوشش نسبتاً یکسان از اندازه‌گیری‌های مغناطیسی در یک منطقه وسیع است. هواپیما یا چرخ‌بال با انعطاف‌پذیری بالا در دسترسی به مناطق دور از دسترس به سرعت می‌تواند آنها را مورد پوشش قرار دهد. اما ساختار دستگاه‌های مغناطیس‌سنج تعادلی موجود در قبل از جنگ جهانی دوم امکان استفاده از آنها را در برداشت‌های هوایی توسط هواپیما که دارای شتاب‌های بالایی است را نمی‌داد. (ویکی پدیا)

مسائل نظامی در حین جنگ جهانی دوم باعث تحرک و شکوفایی در زمینه ساخت مغناطیس‌سنج مطلوب برای مغناطیس‌سنجی هوایی گردید. در سال ۱۹۴۱ آقایان ویکتور رکوتر^۳، گری مافلی^۴ و آر.دی ویکوف^۵ همگی کارکنان شرکت تحقیقات و توسعه خلیج که طی قراردادی برای دولت آمریکا کار می‌کردند تکنولوژی ده ساله شارسنجی مغناطیسی را با اضافه کردن وسایل پایدار کننده مناسب متحول کرده و در نتیجه موفق به ساخت یک مغناطیس‌سنج مناسب جهت مغناطیس‌سنجی هوایی جهت تشخیص زیردریایی‌ها گردیدند. در سال ۱۹۴۴، جیمز آر. بالزلی^۶ و هومر جنسون^۷ هر دو آنها از سازمان زمین‌شناسی آمریکا، با استفاده از یک مغناطیس‌سنج با طرح مشابه مغناطیس‌سنج آقایان ویکتور رکوتر، گری مافلی و آر.دی ویکوف، اولین نقشه‌برداری مغناطیس هوایی امروزی را در منطقه‌ای نزدیک ایالت پنسیلوانیا انجام دادند.

¹Max Thomas Edelman

²aeromagnetic survey

³Victor Vacquier

⁴Gary Muffly

⁵R.D. Wyckoff

⁶James R. Balsley

⁷Homer Jensen

دومین تحول بزرگ در عرصه طراحی مغناطیس‌سنج‌ها، ساخت مغناطیس‌سنج‌های پروتونی توسط همکاران واریان در سال ۱۹۵۵ بود. این وسیله نسبتاً ساده بدون اینکه نیازی به تنظیم‌های ماهرانه جهت پایدار کردن یا در جهت خاصی قرار دادن داشته باشد (عیب مغناطیس‌سنج‌هایی فلاکس گیت)، بزرگی کل میدان مغناطیسی را اندازه‌گیری می‌کند. مغناطیس‌سنج‌های پروتونی گران نیستند و خیلی کار کردن با آنها ساده است و به همین خاطر اختراع مغناطیس‌سنج‌های پروتونی اندازه‌گیری‌های مغناطیس زمینی، هوایی و دریایی را کاملاً متحول کرد. بعد از ساخت مغناطیس‌سنج پروتونی، مغناطیس‌سنج‌هایی با طرح‌های متفاوت که دارای دقت بالاتری هم هستند ساخته شد ولی هنوز مغناطیس‌سنج پروتونی به طور عمده در عملیات نقشه‌برداری مغناطیسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دقت مغناطیس‌سنج‌های پروتونی در حدود ۰,۱ نانو تسلا است. مغناطیس‌سنج‌های پروتونی در کارهای اکتشاف معدن بیشترین استفاده را دارند. از معروفترین شرکت سازنده مغناطیس‌سنج‌های پروتونی می‌توان شرکت ژئومتریکس آمریکا و سینترکس کانادا را نام برد. دقت مغناطیس‌سنج‌های پروتونی امروزی با بکار بردن گازهای آلکالین نظیر سزیوم به اندازه ۰,۰۱ نانو تسلا رسیده است. مگنتومترهای سزیوم در اکتشاف‌های باستانی کاربرد ویژه‌ای دارند. (ویکی پدیا)

واحد اندازه‌گیری میدان مغناطیسی نانوتسلا و یا گاما است. بیشینه میدان مغناطیسی زمین در قطبین به ۶۰۰۰۰ نانوتسلا و یا ۰,۰۰۰۰۶ تسلا می‌رسد. بیشینه اندازه آنومالی‌های مغناطیسی در حد ۱۰ هزار نانوتسلا است. با ذکر این توصیفات به راحتی می‌توان فهمید که واحد تسلا واحد بسیار بزرگی برای سنجش میدان مغناطیسی است. به یک نانوتسلا یک گاما هم می‌گویند.

۲-۲-۱ تاریخچه و کاربرد روش گرانی‌سنجی در اکتشافات ژئوفیزیکی

روش گرانی‌سنجی به مانند روش مغناطیس‌سنجی جایگاه ویژه و غیر قابل انکاری در تاریخ علم دارد. درک اینکه زمین دارای نیروی جاذبه است به ادراک اولیه بشر از این نیرو که همان افتادن

اجسام رها شده به زمین است برمی‌گردد. گالیله در سال ۱۵۹۰ میلادی برای اولین بار با آزمایش‌های مشهور خود، افتادن اجسام رها شده را به طور کمی توضیح داد. در سال ۱۶۸۷ ایزاک نیوتن مقاله معروف خود را چاپ کرد. (*Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*) و در آن پیشنهاد کرد که نیروی گرانی خاصیت تمام اجسام از جمله کره زمین است. (ویکی پدیا)

در سال ۱۶۷۲، یک دانشمند فرانسوی به نام جین ریشتر متوجه شد که یک ساعت پاندولی که در پاریس به طور دقیقی زمان را محاسبه می‌کرد، در شهر ساین درگینه فرانسه هر روز چند دقیقه عقب می‌افتد. مشاهده تغییرات آهنگ نوسان پاندول (و یا به عبارتی پریود پاندول) در مکان‌های متفاوت روشی را برای اندازه‌گیری تغییرات مکانی میدان مغناطیسی زمین مطرح کرد. نیوتن تفاوت مشاهده شده بین اندازه‌گیری‌های انجام شده را به درستی به بیضوی‌گون بودن زمین ارتباط داد. آن زمان فرانسوی‌ها توضیح دیگری برای تفاوت مشاهده شده داشتند و برای اینکه تفسیر نیوتن را نقض کنند، آکادمی علوم فرانسه دو گروه اکتشافی-تحقیقاتی را به مناطق استوایی اکوادور و مدارهای شمالی سوئد فرستاد تا به طور دقیقی طول یک درجه طول جغرافیایی را اندازه‌گیری کنند. گروه اکتشافی-تحقیقاتی اکوادور توسط چندین دانشمند برجسته از جمله پیر بوگر^۱ اداره می‌شد. پیر بوگر همان کسی است که بعضی‌ها او را اولین کسی می‌دانند که مشاهدات دقیقی را در مورد شکل زمین انجام داده است و همچنین آنومالی بوگر از اسم او می‌آید. نتایج تیم تحقیقاتی فرانسوی نظر نیوتن انگلیسی را تایید کرد! امروزه ثابت شده است که شعاع زمین در استوا ۲۱ کیلومتر بزرگتر از شعاع آن در قطب است. (ویکی پدیا)

به علت اینکه نسبت تغییرات گرانی به مقدار متوسط گرانی زمین بسیار کوچک است باید از دستگاه‌های گرانی‌سنج متفاوتی برای اندازه‌گیری مطلق گرانی و تغییرات مکانی گرانی (اندازه‌گیری نسبی) استفاده کرد. اندازه‌گیری‌های مطلق گرانی زمین در پیدا کردن شکل زمین، مطالعات

¹Pierre Bouguer

ژئودینامیکی و هدایت موشک‌های نظامی کاربرد دارد. در ژئوفیزیک اکتشافی بطور گسترده‌ای از اندازه‌گیری‌های نسبی گرانی جهت اکتشاف معادن فلزی و غیرفلزی و اکتشاف نفت و منابع آب زیرزمینی استفاده می‌شود. (ویکی پدیا)

جهت اندازه‌گیری نسبی گرانی یک نقطه مرجع در منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته می‌شود. مقدار گرانی بر روی نقطه مرجع اندازه‌گیری می‌شود و سپس گرانی‌سنج را به نقاط دیگر منتقل کرده و گرانی را اندازه‌گیری می‌کنیم. مقدار اندازه‌گیری شده بر روی نقطه مرجع برابر با مقدار مطلق گرانی در آن نقطه نیست. جهت از بین بردن اثر تغییرات ثابت فخر دستگاه^۱ و همچنین اثر جذر و مد باید بعد از حداکثر هر چهار ساعت دستگاه گرانی‌سنج را به نقطه مرجع برگرداند و دوباره مقدار گرانی را اندازه گرفت. اگر دستگاه در این فاصله زمانی شوک مکانیکی یا الکتریکی قابل ملاحظه‌ای ندیده باشد تغییرات گرانی در نقطه مرجع ملایم خواهد بود و می‌توان تغییرات گرانی را برای مدت بین دو ملاقات نقطه مرجع بطور خطی فرض کرد و تصحیحات لازم جهت محاسبه تغییرات گرانی نسبت به نقطه مرجع را انجام داد.

روش گرانی نقش یک بازیگر کلیدی در اکتشافات ژئوفیزیکی را داشته و دارد. هوگو بوخ^۲ با استفاده از یک گرانی‌سنج پیچشی-تعادلی اوتووس میدان گرانی را در یک منطقه که شامل ساختارهای تاقدیس و گنبدی بود اندازه‌گیری کرد و تغییرات گرانی را بر اساس تغییرات وزن حجمی سنگ‌ها که ناشی از ساختار زمین‌شناسی بودند توضیح داد. ظاهراً او اولین کسی بوده که به اهمیت کاربرد روش گرانی در اکتشاف نفت پی برده است. اولین حوضه نفتی ایالات متحده آمریکا با استفاده از روش‌های گرانی‌سنجی در سال ۱۹۲۶ کشف شد.

به علت وجود تکانه‌های نسبتاً شدید افقی وعمودی، گرانی‌سنجی دریایی بسیار مشکل‌تر از گرانی‌سنجی در خشکی است. دستگاه‌های گرانی‌سنج دریایی دارای مکانیزم‌های پیچیده‌ای برای

¹Drift

²Hugo V. Boeche

خنثی کردن تکانه‌های افقی و عمودی هستند. گرانی‌سنجی هوایی به مراتب مشکل‌تر از گرانی‌سنجی دریایی است و برای همین تنها چند سالی است که افرادی موفق به انجام این کار شده‌اند و بیشترین دقت بدست آمده در این نوع اندازه‌گیری‌ها در حد بالاتر از میلی‌گال است. مشکل بودن گرانی‌سنجی هوایی به علت سرعت بالای هواپیما، تکان‌های شدید افقی و عمودی و همچنین تغییرات ناگهانی ارتفاع پرواز است. با ابداع شتاب‌سنج‌ها و وسایل ناوبری و ارتفاع‌سنجی مدرن اکنون امکان گرانی‌سنجی هوایی بوجود آمده است و به سرعت این تکنولوژی در حال گسترش و تکامل است. (ویکی پدیا)

در قرن بیستم با فرستاده شدن ماهواره‌های علمی اندازه‌گیری گرانی زمین در یک مقیاس جهانی ممکن شد. همه روش‌هایی که با استفاده از ماهواره‌ها گرانی را اندازه می‌گیرند در حقیقت تغییرات میدان پتانسیل را نسبت به یک سطح هم‌پتانسیل مرجع اندازه‌گیری می‌کنند. سطح پتانسیل مرجع وابستگی به شکل سیاره جرم سیاره و سرعت گردش سیاره دارد. در بعضی موارد سطح دریا یا ژئوئید را به عنوان سطح مبنا در نظر می‌گیرند. طول موج‌های بلند تغییرات گرانی زمین را می‌توان با اندازه‌گیری تغییرات مدار یک ماهواره و یا با تغییرات سرعت دو یا چند ماهواره نسبت به هم به دست آورد. تغییرات مداری یک ماهواره با استفاده از ایستگاه‌های زمینی و ارسال پرتوهای لیزری به آنها میسر است. اندازه‌گیری میدان گرانش با استفاده از تعقیب مدار ماهواره‌ها از سطح زمین بسیار مشکل و بطور غیر یکنواخت است. (ویکی پدیا)

۱-۳ مزایا و معایب روش‌های گرانی و مغناطیس‌سنجی

روش‌های گرانی‌سنجی و مغناطیس‌سنجی در مرحله مقدماتی اکتشافات ذخایر هیدروکربوری مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از این روشها در مرحله اکتشاف مقدماتی که هیچ‌گونه اطلاعات قبلی موجود نمی‌باشد با صرف وقت و هزینه کم، محل حوضه‌های رسوبی و مشخصات ساختاری آنها

راتعیین کرده و در مرحله بعد ساختارهای حاوی نفت را مکان‌یابی نمود. همچنین عمق پی‌سنگ و وسعت حوضه‌های رسوبی را می‌توان به راحتی با این دو روش تعیین نمود. از معایب این روشها می‌توان به منحصر به فرد نبودن آنومالی حاصل از یک منبع زیر سطحی اشاره کرد. یعنی تعداد بی‌شماری اشکال زیرسطحی، می‌توانند آنومالی‌های یکسانی در سطح زمین حاصل نمایند. که البته این مساله در کلیه روش‌های ژئوفیزیکی مطرح است. برای کاستن از دامنه ابهامات باید از اطلاعات زمین‌شناسی بهره گرفت. هرچه میزان این اطلاعات بیشتر باشد از ابهامات کاسته شده و تعبیر و تفسیر مطمئن‌تری انجام می‌شود. (Blakely, 1995)

در این دو روش غیر ممکن است که یک آنومالی ناشی از برجستگی‌های زمین‌ساختی را از یک آنومالی ناشی از تغییرات صرف چگالی و یا خودپذیری مغناطیسی تشخیص داد. نقشه‌های گرانی و مغناطیسی، نشانگر شکل یک ساخت زیرسطحی نمی‌باشد بلکه آن‌ها صرفاً فرم میدان پتانسیل حاصله از اشکال زیر سطحی را مشخص می‌کنند. (تنها با استفاده از اطلاعات تکمیلی زمین‌شناسی یا سایر روش‌های ژئوفیزیکی می‌توان به رفع ابهامات اینچنینی در رابطه با میدان پی برد).

۱-۴ هدف از انجام پایان نامه

روش اویلر برای تخمین عمق داده‌های میدان پتانسیل یکی از پرکاربردترین روشهای تخمین عمق می‌باشد. در این پایان‌نامه ابتدا عوامل موثر بر روش اویلر از طریق مدل‌های مصنوعی بررسی شده و با استفاده از نتایج حاصل از اعمال روش اویلر روی داده‌های مصنوعی به برآورد عمق گنبد نمکی هامبل روش پرداخته می‌شود. در کاربرد روش اویلر از دو روش اویلر استاندارد و اویلر مکانی استفاده شده و ایرادات و مزیت‌های هر کدام از روشها بررسی می‌شود. از آنجائیکه تمام اطلاعات زمین‌شناسی مربوط به آن مشخص می‌باشد نتایج حاصل از این روش با نتایج واقعی مقایسه شده و

اعتبار این روش تثبیت می‌شود و موجب می‌شود که از این روش برای تخمین عمق آنومالی‌های ناشناخته با اعتماد بیشتری پرداخته شود.

۱-۵ ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه مشتمل بر پنج فصل می‌باشد. فصل اول راجع به کلیاتی در مورد ژئوفیزیک و کاربردهای ژئوفیزیک و روشهای گرانی‌سنجی و مغناطیس‌سنجی و مزایا و معایب این روشها صحبت به میان آمده است. در فصل دوم درباره معرفی روش اویلر برای تخمین عمق، تئوری و روابط مربوط به این روش پرداخته می‌شود و همچنین درباره اویلر مکانی و اویلر استاندارد و مقایسه آنها بحث به میان می‌کشد. فصل سوم مشتمل بر اعمال روش اویلر بر روی داده‌های مصنوعی می‌باشد. در فصل چهارم به کاربرد روش اویلر بر روی داده‌های واقعی که داده‌های حاصل از گنبد نمکی هامبل می‌باشد، پرداخته می‌شود. در فصل پنجم به جمع بندی نتایج حاصل از این روش و پیشنهادات پرداخته می‌شود.

فصل دوم

معرفی روش اویلر و بیان تئوری

و روابط مربوط به آن

۲-۱ مقدمه

در تفسیر داده‌های میدان پتانسیل یکی از اهداف اصلی، تعیین محل و تعیین عمق ناهنجاری مغناطیسی یا گرانشی می‌باشد. از روش‌های رایج برای تخمین عمق می‌توان به روش‌های آماری اسپکتور و گرانت^۱ (۱۹۷۰)، ورنر دیکانولوشن^۲ (هارتمن^۳ و همکاران، ۱۹۷۱)، سیگنال تحلیلی^۴ (نابیغیان^۵، ۱۹۷۲)، روش اویلر^۶ (تامپسون^۷، ۱۹۸۲)، روش پیترز (Peters method)، روش عمق ماکزیمم (Maximum depth)، روش کمترین مربعات (Least-squares) و غیره اشاره کرد. در این میان روش اویلر از محبوبیت بالایی برخوردار است. روش اویلر، روشی سریع برای تفسیر داده‌های میدان پتانسیل است. در صورتی که مقدار صحیحی از اندیس ساختاری مربوط به هندسه توده مسبب آنومالی، انتخاب و در معادله اویلر استفاده شود. این روش به راحتی می‌تواند تخمین صحیحی از عمق آنومالی مورد نظر ارائه کند. در بین روشهای تخمین عمق اتوماتیک که در تفسیر آنومالی‌های میدان پتانسیل استفاده می‌شوند، این روش در رده تکنیک‌های تخمین عمق اتوماتیک طبقه‌بندی می‌شود، بنابراین می‌توان از کامپیوتر برای انجام این روش بهره برد به ویژه زمانی که حجم وسیعی از داده‌های دیجیتال در دسترس باشد. (تامپسون، ۱۹۸۲)

اساس این روش بر مبنای معادلات دیفرانسیل جزئی اویلر بنا شده است که با معرفی کمیتی به نام شاخص ساختمانی می‌توان موقعیت توده‌ها را به کمک اندازه‌گیری میدان پتانسیل در روی یک پروفیل یا نقشه و با تقسیم آنها به پنجره‌های اندازه‌گیری متوالی به دست آورد. هر پنجره تخمینی از عمق و موقعیت افقی توده ارائه می‌دهد. استفاده از این روش در هر موقعیت جغرافیایی امکان‌پذیر است.

این روابط اثبات در

¹Spector and Grant

²Werner Deconvolution

³Hartmann

⁴analytical signal

⁵Nabighian

⁶Euler Deconvolution

⁷Thompson

روش از هیچ مدل خاص زمین‌شناسی استفاده نمی‌شود و این مزیت دیگر این روش محسوب می‌شود.

(تامپسون ، ۱۹۸۲)

استفاده از این روش، مستلزم آگاهی از شکل توده زیر سطحی است که با انتخاب اندیس ساختاری مربوط به شکل توده مورد مطالعه صورت می‌گیرد در صورت عدم دقت در انتخاب اندیس ساختاری صحیح برای توده، هر چه اندیس ساختاری بزرگتر انتخاب شود، میزان عمق تخمینی بیشتر و بر عکس هر چه اندیس ساختاری کوچکتر ، باعث کاهش مقادیر عمق خواهد شد. (تامپسون،

(۱۹۸۲)

روش تخمین عمق اوپلر اولین بار توسط تامپسون (۱۹۸۲) ارائه شد. پس از آن، رید^۱ و همکاران (۱۹۹۰) روش اوپلر را برای تفسیر سه بعدی داده‌های مغناطیسی به کار بردند. در سال (۱۹۹۳) مارسن^۲ و همکاران نخستین بار این روش را برای داده‌های گرانی به کار بردند و مزیت استفاده از گرادیان‌های قائم به جای داده‌های خام را نشان دادند. باربوسا^۳ و همکاران (۱۹۹۹) تلاش-هایی در جهت بهبود اندیس ساختاری انجام دادند. در سال (۲۰۰۱) ماشایانندیو^۴ این روش را با معرفی یک ضریب ساختاری دو بعدی تعمیم دادند. هانسن^۵ و همکاران (۲۰۰۲) روش اوپلر را برای تعداد چشمه‌های بیشتر در آن واحد تعمیم داد و فیتز جرالده^۶ و همکاران (۲۰۰۴) به کمک تبدیل هیلبرت، این روش را با دقتی بالاتر به کار بردند.

¹Reid

²Marson

³Barbosa

⁴Mushayandebvu

⁵Hansen

⁶FitzGerald

۲-۲ معادله همگن اویلر

$f(v)$ تابعی از متغیرهای $v = (v_1, v_2, v_3, \dots)$ و تابع همگن از درجه n است هرگاه داشته باشیم :

$$f(tv) = t^n f(v) \quad (۱-۲)$$

که در آن t یک عدد حقیقی می باشد.

اگر تابع $f(v)$ نسبت به متغیر v مشتق پذیر باشد، رابطه زیر را معادله اویلر می نامند.

$$v \nabla_v f(v) = n f(v) \quad (۲-۲)$$

حال اگر تابع f را تابعی از (x, y, z) در نظر بگیریم روابط بالا بر حسب متغیرهای (x, y, z) به شکل

زیر بازنویسی می شود. (تامپسون، ۱۹۸۲)

$$f(t_x, t_y, t_z) = t^n f(x, y, z) \quad (۳-۲)$$

$$x \frac{\partial f}{\partial x} + y \frac{\partial f}{\partial y} + z \frac{\partial f}{\partial z} = n f \quad (۴-۲)$$

از طرفی اثر مغناطیسی یا گرانی اشکال مختلف هندسی را می توان به صورت کلی زیر نوشت

$$f = \frac{a}{r^N} \quad (۵-۲)$$

که در آن a مقدار ثابت، r فاصله توده تا نقطه اندازه گیری، N اندیس ساختاری و f میدان گرانی یا

مغناطیسی می باشد.

طبق رابطه اخیر میدان‌های پتانسیل و مغناطیسی، تابعی همگن از درجه N هستند که در مورد توده-های با هندسه مختلف، می‌توان متغیر N را تغییر داد.

تامپسون (۱۹۸۲) نشان داد که در مورد داده‌های میدان پتانسیل معادله اوپلر را می‌توان به شکل زیر نوشت

$$x_0 \frac{\partial f}{\partial x} + y_0 \frac{\partial f}{\partial y} + z_0 \frac{\partial f}{\partial z} + NB = x \frac{\partial f}{\partial x} + y \frac{\partial f}{\partial y} + z \frac{\partial f}{\partial z} + Nf \quad (۶-۲)$$

که در آن (x_0, y_0, z_0) موقعیت توده سبب شونده آنومالی، (x, y, z) موقعیت نقطه اندازه‌گیری، B مقدار میدان ناحیه‌ای منطقه که به جمله متعادل کننده معروف است، N اندیس ساختاری است که به هندسه توده بستگی دارد و بیانگر نرخ میرایی میدان پتانسیل نسبت به فاصله است.

گرادیان‌ها در سه بعد در جهات محورهای مختصات با استفاده از تئوری‌های استاندارد پتانسیل در حیطه مکان یا عدد موج می‌تواند محاسبه شود. در برخی از موارد گرادیان قائم اندازه‌گیری می‌شود که مستقیماً می‌توان آنرا در معادله (۶-۲) به کار برد.

اگر از روش اوپلر در اندازه‌گیری‌های خطی یا پروفیلی استفاده شود، پروفیل را در راستای x در نظر گرفته و مختصات y برابر صفر قرار داده می‌شود در این صورت اگر گرادیان افقی $\frac{\partial f}{\partial y}$ در معادله (۶-۲) صفر فرض شود، آنگاه معادله (۶-۲) در فضای دو بعدی به صورت زیر در خواهد آمد.

$$x_0 \frac{\partial f}{\partial x} + z_0 \frac{\partial f}{\partial z} + NB = x \frac{\partial f}{\partial x} + z \frac{\partial f}{\partial z} + Nf \quad (۷-۲)$$

مشتقات موجود در رابطه (۷-۲) می‌توانند به صورت مستقیم یعنی برداشت داده یا به صورت معمول از طریق محاسبه در حوزه مکان یا عدد موج به دست آیند. تنها مجهولات در معادله (۷-۲)، x_0, y_0, N هستند. مختصات (x_0, z_0) بیانگر عمق و جایگاه افقی نقطه‌ای معادل از چشمه می‌باشند و

N نمایانگر نوع چشمه است که به نوع آنومالی و خصوصیات هندسی چشمه بستگی دارد. مقدار N برای منابع مختلف در جدول (۱-۲) آمده است.

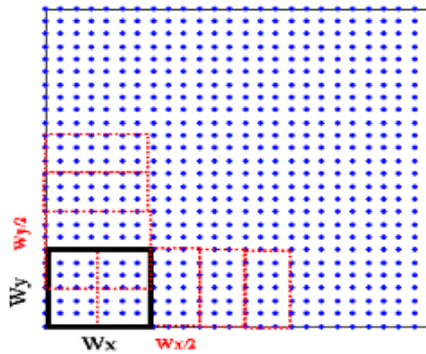
جدول (۱-۲) مقادیر اندیس ساختاری برای شکل‌های مختلف زمین‌شناسی (علمدار و انصاری، ۱۳۹۰)

N	میدان مغناطیسی	میدان گرانی
۰	contact	پله - دایک - سیل
۰,۵	پله ضخیم	Ribbon
۱	سیل - دایک	استوانه افقی
۲	استوانه	کره
۳	کره	

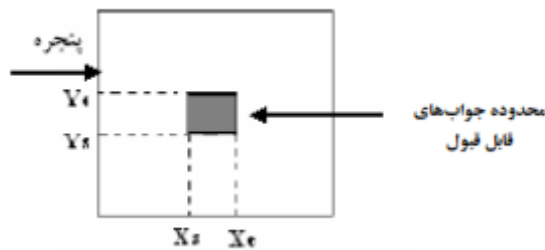
معادله (۷-۲) برای به دست آوردن سه مجهول x_0, y_0, N با محاسبه مقادیر مشتقات و میدان کلی میدان مغناطیسی در سه نقطه متفاوت از محور X ها در طول پروفیل می‌تواند حل شود. در این صورت سه معادله سه مجهول خواهیم داشت که مقادیر مجهولات را در صورتی می‌توان به دست آورد که دترمینان ضرایب برابر صفر نباشد.

در این روش با انتخاب یک پنجره با پهنای مناسب و حرکت این پنجره بر روی شبکه داده‌ها، جواب‌های معادله اویلر برای هر پنجره به دست می‌آید هر بار پنجره به اندازه نصف طول در جهت x و به اندازه نصف عرض در جهت y جابه جا می‌شود. شکل (۱-۲) با فرض اینکه در هر پنجره n داده وجود دارد می‌توان رابطه اویلر را برای هر پنجره به شکل ماتریسی زیر نوشت.

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x_1} & \frac{\partial f}{\partial y_1} & \frac{\partial f}{\partial z_1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial f}{\partial x_n} & \frac{\partial f}{\partial y_n} & \frac{\partial f}{\partial z_n} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \frac{\partial f}{\partial x_1} + y_1 \frac{\partial f}{\partial y_1} + z_1 \frac{\partial f}{\partial z_1} + N f_1 \\ \vdots \\ x_n \frac{\partial f}{\partial x_n} + y_n \frac{\partial f}{\partial y_n} + z_n \frac{\partial f}{\partial z_n} + N f_n \end{bmatrix} \quad (۸-۲)$$



شکل (۱-۲) نحوه حرکت پنجره روی داده‌های شبکه (سلاجقه و ابراهیم‌زاده، ۱۳۸۵)



شکل (۲-۲) محدوده جواب‌های قابل قبول در روش اویلر (سلاجقه و ابراهیم‌زاده، ۱۳۸۵)

ابعاد پنجره مورد استفاده تاثیر مهمی بر نتایج به دست آمده دارد. معمولاً گفته می‌شود که باید ابعاد بهینه پنجره مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به کاربرد این روش بر روی مدل‌های زمین‌شناسی مختلف، دو عامل اساسی برای انتخاب پنجره باید در نظر گرفته شود. (علمدار و انصاری، ۱۳۹۰)

۱- ابعاد پنجره به قدری کوچک نباشد که مقدار داده‌های محاط در پنجره و گرادیان‌های آنها در حدود هم بوده، تغییرات محسوسی نداشته باشند.

۲- ابعاد پنجره به اندازه‌ای بزرگ نباشد که داده‌های محاط در آن مربوط به توده‌های مختلف مجاور هم باشد و مشکل هم‌پوشانی ایجاد شود

تنها عیب استفاده از روش اویلر این است که احتیاج به دانش قبلی در مورد شاخص ساختمانی توده سبب شونده آنومالی است. در حقیقت انتخاب صحیح اندیس ساختاری اصلی‌ترین مشکل برای

کار با معادله اویلر در تخمین عمق توده‌هاست. یکی از روشهای تعیین اندیس ساختاری، استفاده از روش ترکیبی سیگنال تحلیلی- اویلر دیکانولوشن است. تئوری این روش بدین صورت است که سیگنال تحلیلی و مشتقات مرتبه اول و دوم آن نسبت به محورهای x, y, z در معادله اویلر جایگذاری می‌شود، حاصل این کار سه معادله است که با حل آنها تخمینی از مقدار ضریب ساختاری و همچنین عمق توده به دست می‌آید. (علمدار و انصاری، ۱۳۹۰)

روش اویلر به دو صورت اویلر استاندارد^۱ و اویلر مکانی^۲ قابل اجراست. اعمال فرایند اویلر استاندارد، مستلزم آماده کردن مشتقات افقی^۳ و قائم^۴ از داده‌ها و اعمال فرآیند اویلر مکانی مستلزم تهیه گرید سیگنال تحلیلی از داده‌هاست. در روش استاندارد بر خلاف روش مکانی که در آن سیگنال تحلیلی، پیک‌های بی‌هنجاری‌ها را استخراج کرده و محاسبات و اعمال فرآیند اویلر را بر روی پیک‌های بی-هنجاری‌ها انجام می‌دهد، اعمال فرآیند دیکانولوشن اویلر روی کل نقاط شبکه بدون قائل شدن هیچ-گونه تمایزی بین نقاط مختلف شبکه انجام می‌شود که طبیعتاً شمار بسیار بیشتری حل را نسبت به روش مکانی فراهم می‌کند. در روش مکانی اندازه پنجره با استفاده از موقعیت‌های نقاط انحنای نزدیک، به صورت اتوماتیک تخمین زده می‌شود که این امر خطای اپراتور را کاهش می‌دهد. با توجه به توضیحات داده شده برای استفاده از روش اویلر استاندارد باید دو مشخصه، پهنای پنجره و ضریب ساختاری تعیین شود ولی در روش اویلر مکانی پهنای پنجره به طور اتوماتیک تعیین می‌شود و تنها نیاز به تعیین اندیس ساختاری می‌باشد. (نوروززاده و همکاران، ۱۳۹۰)

¹Standard Euler Deconvolution

²Located Euler Deconvolution

³horizontal gradient

⁴vertical gradient

فصل سوم

اعمال دیکانولوشن اویلر بر روی داده-

های مصنوعی

۳-۱ مقدمه

در این فصل به کاربرد روش اویلر برای تخمین عمق مدل‌های مصنوعی پرداخته شده است. ابتدا روش اویلر استاندارد بر روی مدل مکعب در عمق‌های متفاوت اعمال شده است. برای این منظور ابتدا با گرید کردن داده‌های مصنوعی و ایجاد گرادیان‌های افقی و قائم، روش اویلر استاندارد بر روی گرادیان‌ها به کمک پنجره‌های متفاوت اعمال می‌شود سپس از روی میانگین درصد خطای تخمین عمق، مناسب‌ترین پنجره را با توجه به حداقل درصد خطای تخمین عمق، انتخاب کرده و با در نظر گرفتن چند اندیس ساختاری، جواب‌های حاصل از اعمال روش اویلر به دست می‌آید. در مرحله بعد به اعمال فیلترینگ بر روی جواب‌های حاصل پرداخته و عمق مدل مصنوعی تخمین زده می‌شود. در اعمال فیلترینگ، نکاتی که در نظر گرفته می‌شود عبارتند از، درصد خطای تخمین عمق، درصد خطای تعیین موقعیت افقی، مقادیر عمق، مقادیر x -offset و y -offset که مقادیر آنها به گونه‌ای در نظر گرفته می‌شود که داخل پنجره اویلر قرار داشته باشند.

تمام مراحل گفته شده در پاراگراف بالا برای مدل دو مکعب، پنج مکعب و کره نیز انجام شده و نتایج حاصل از آنها برای مقایسه با روش اویلر مکانی داخل جداول مرتب می‌شود. همچنین در هر چهار مدل گفته شده نتایج حاصل از اعمال اویلر استاندارد قبل و بعد از فیلترینگ به صورت نقشه در آورده می‌شود.

برای اعمال روش اویلر مکانی بر روی داده‌های مصنوعی حاصل از مکعب، بعد از تهیه گرید از داده‌ها و ایجاد گرادیان‌های افقی و قائم، گرید سیگنال تحلیلی تهیه شده سپس به تعیین پیک‌های آنومالی پرداخته می‌شود و در نهایت روش اویلر مکانی بر روی پیک‌های آنومالی اعمال می‌شود. لازم به ذکر است که تمام مراحل گفته شده بر روی داده‌های مصنوعی حاصل از مدل دو مکعب، پنج

مکعب و کره اعمال شده و نتایج حاصل از آنها در جداول مربوطه وارد می‌شود. همچنین نتایج حاصل از اوپلر مکانی برای مدل‌های مصنوعی به نقشه در آورده می‌شود.

به منظور تولید داده‌های مصنوعی، از نرم افزار Matlab 7.12 استفاده شده است. لازم به ذکر است که برای تولید داده‌های مصنوعی سه بعدی مکعب از فرمول ریاضی پلوف برای مجموعه بلوک‌ها به قرار زیر استفاده شده است. (Blakely,1995)

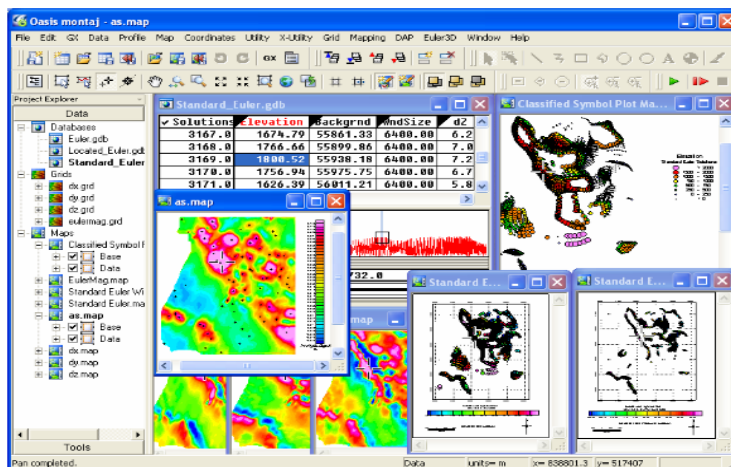
$$g = G\rho \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \mu_{ijk} Z_k \tan^{-1} \frac{x_i y_i}{Z_k r_{ijk}} - x_i \log(r_{ijk} + y_j) - y_j \log(r_{ijk} + x_i)$$

$$r_{ijk} = \sqrt{x_i^2 + y_j^2 + z_k^2} \mu_{ijk} = (-1)^i (-1)^j (-1)^k$$

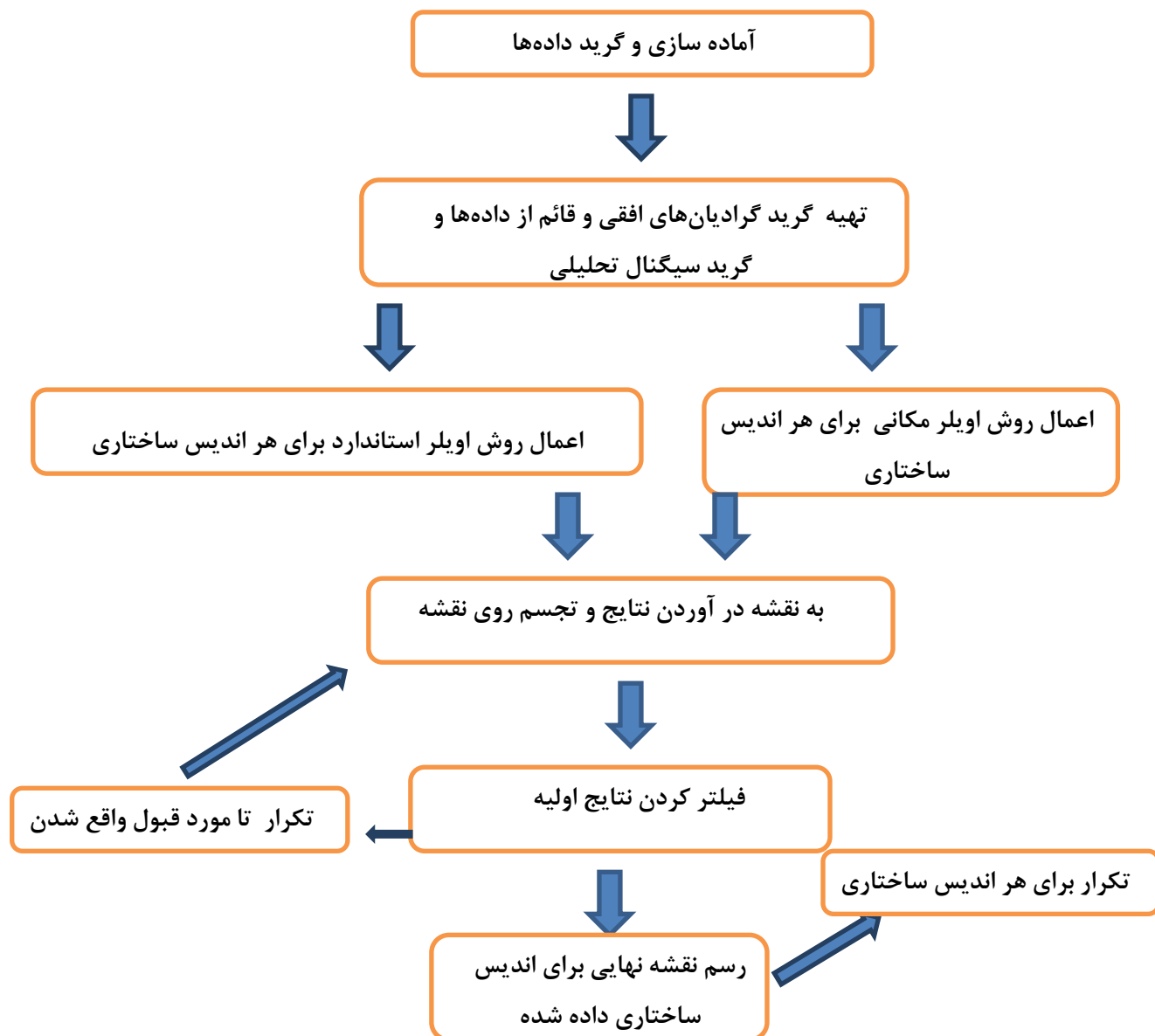
و برای تولید داده‌های مصنوعی کره از رابطه میدان گرانی کره استفاده شده است. (Telford,1988)

$$g = \frac{4\pi\gamma\sigma a^3}{3} \frac{z}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}$$

و همچنین برای اعمال روش اوپلر، از نرم افزار Geosoft(Oasis montaj 7.0.1) استفاده شده است.



شکل (۱-۳) نمایی از نرم‌افزار oasis montaj



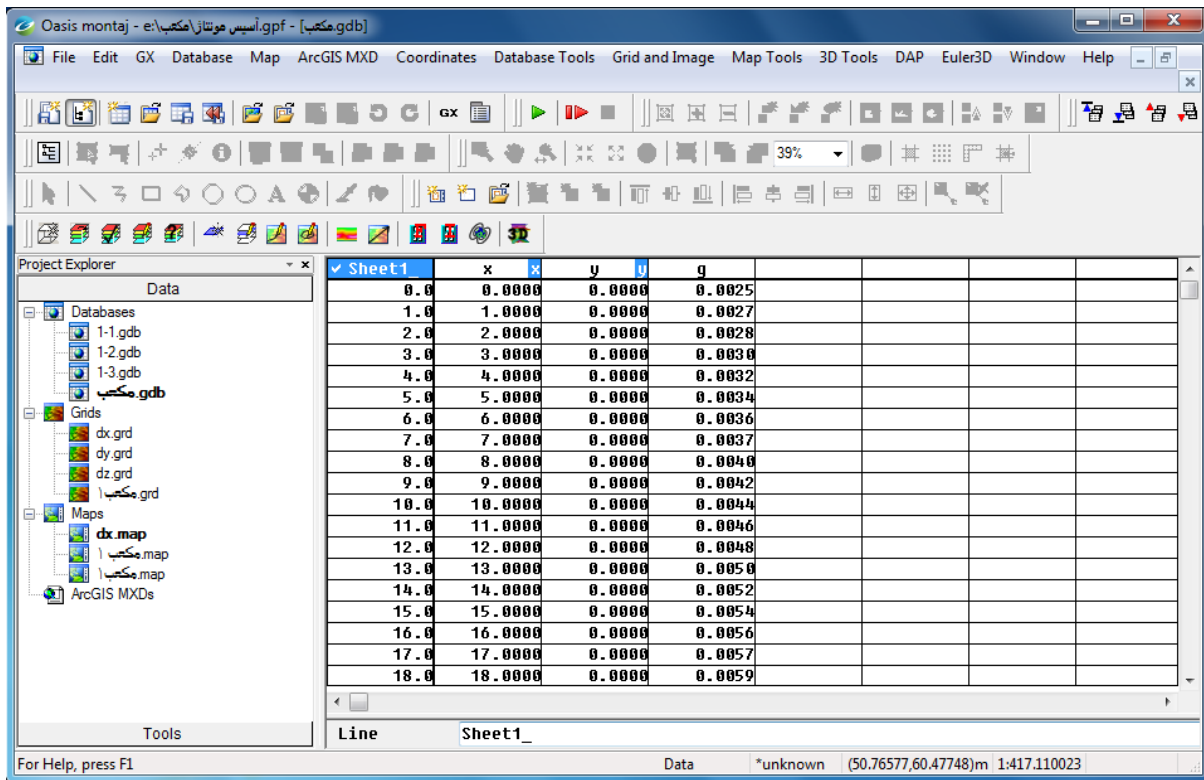
شکل (۲-۳) دیاگرام اعمال روش اویلر روی داده‌های میدان پتانسیل (user guide, oasis montaj)

۲-۳ روش اویلر استاندارد

۱-۲-۳ اعمال روش اویلر استاندارد روی داده‌های مصنوعی مکعب

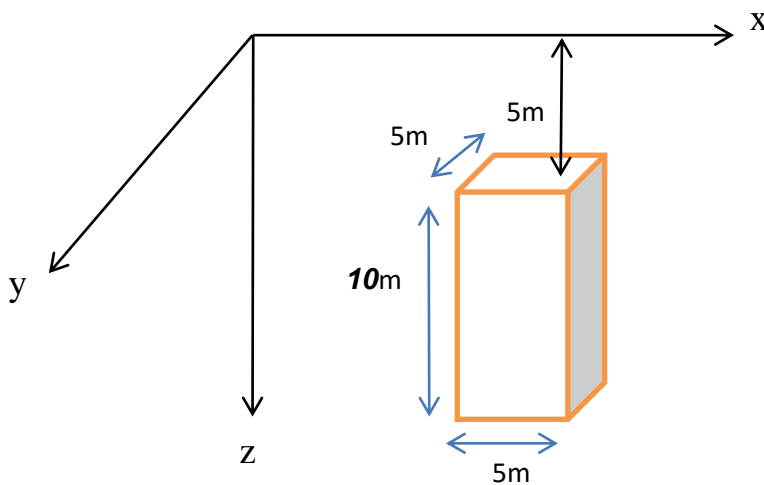
برای اعمال روش اویلر، ابتدا به کمک نرم افزار متلب، داده‌های مصنوعی برای مکعب ایجاد می-

شود. و به کمک نرم افزار ژئوسافت مشتقات افقی و قائم داده‌های گرانی تهیه می‌شود.

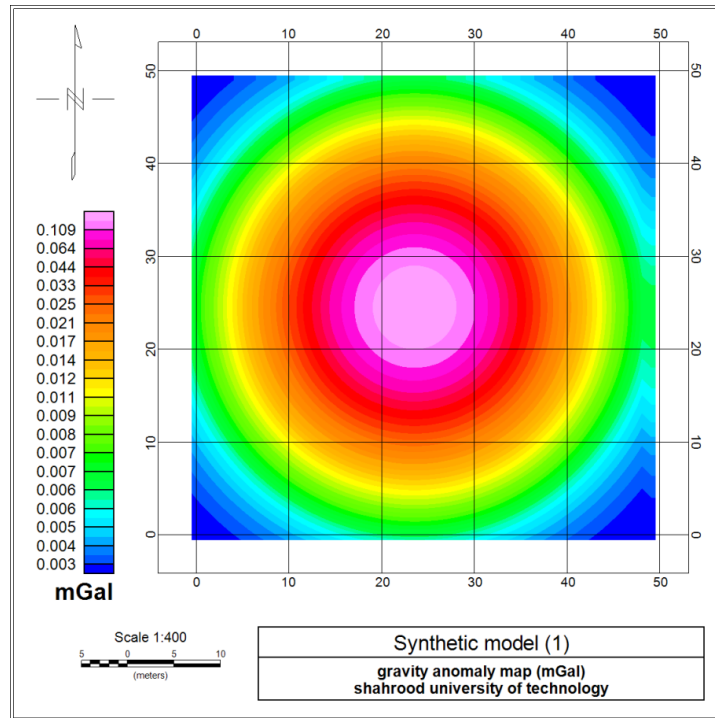


شکل (۳-۳) نمایی از محیط نرم افزار oasis montaj و داده‌های وارد شده به نرم افزار

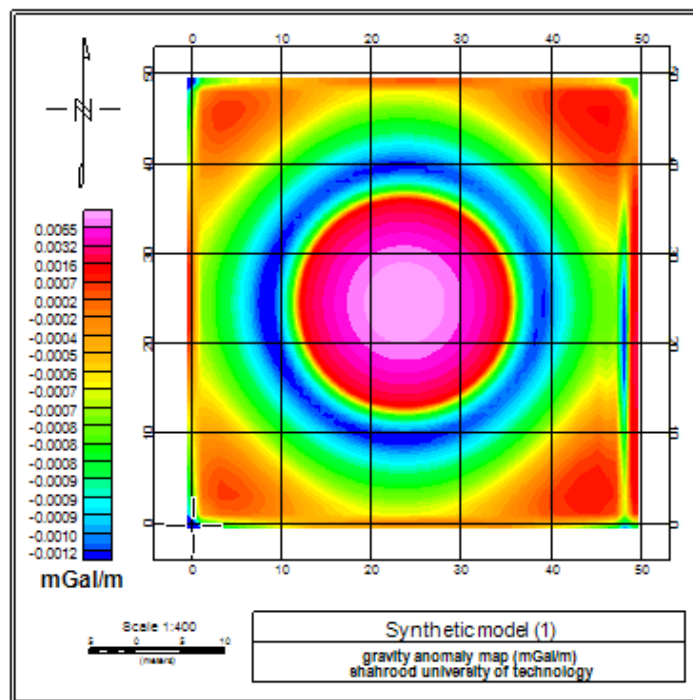
مکعب به ابعاد $5 \times 5 \times 10$ متر، در عمق ۵ متری از سطح زمین در شبکه 50×50 متر قرار داده شده است و فاصله نقاط شبکه از یکدیگر ۱ متر می‌باشد.



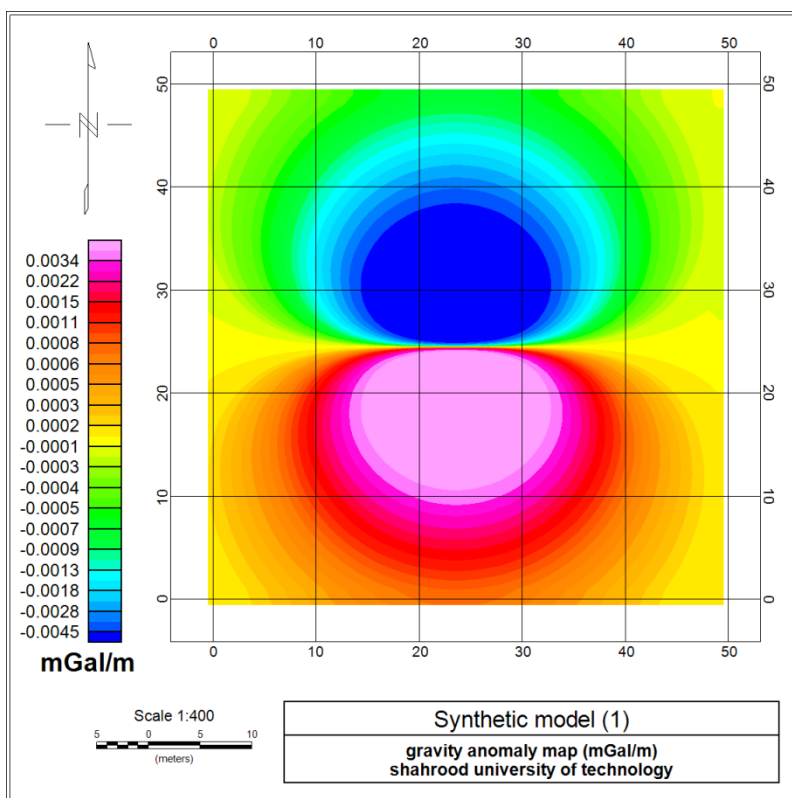
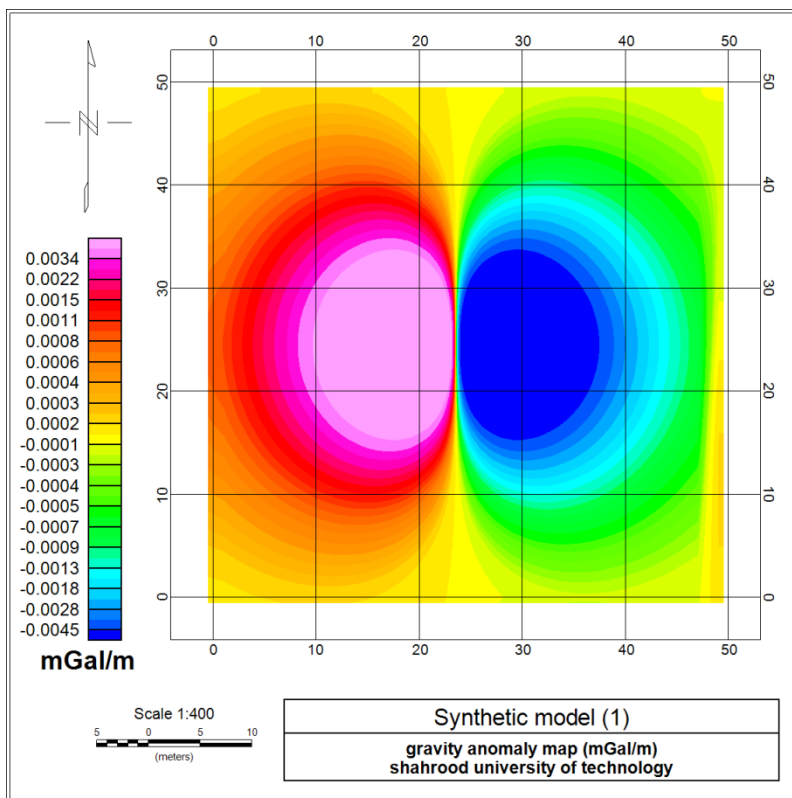
شکل (۳-۴) طریقه قرار گرفتن مکعب در عمق ۵ متری. تباین چگالی مکعب با محیط اطراف $1 \frac{g}{cm^3}$ می‌باشد.



شکل (۳-۵) پربند حاصل از آنومالی گرانی مدل مکعب



شکل (۳-۶) پربند حاصل از گرادیان قائم مدل مکعب

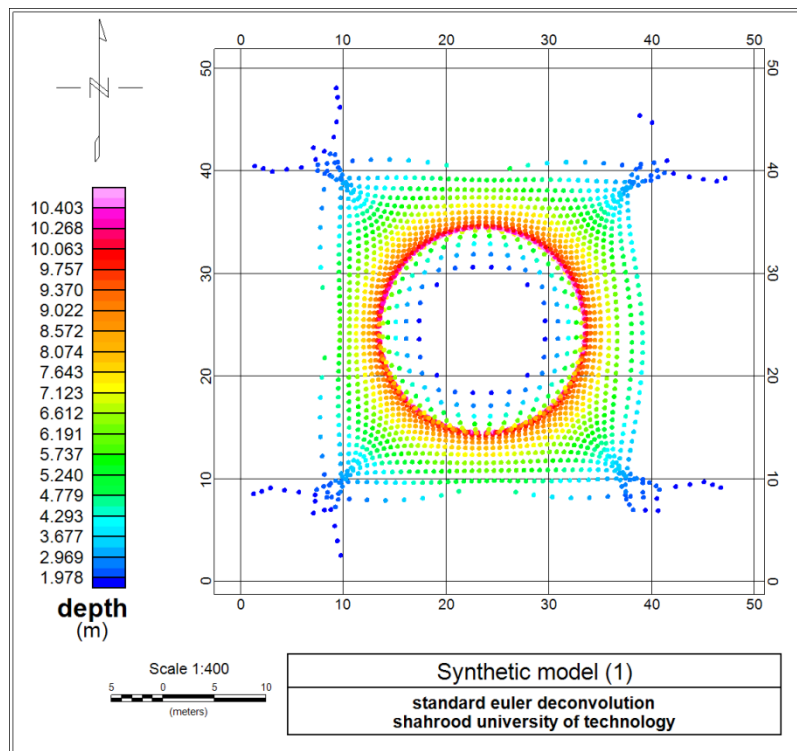


شکل (۷-۳) پربندهای حاصل از گرادیان‌های افقی مدل مکعب

با فرض $N=0$ و اندازه پنجره 3×3 متر روش اویلر استاندارد روی داده‌ها اعمال می‌شود.

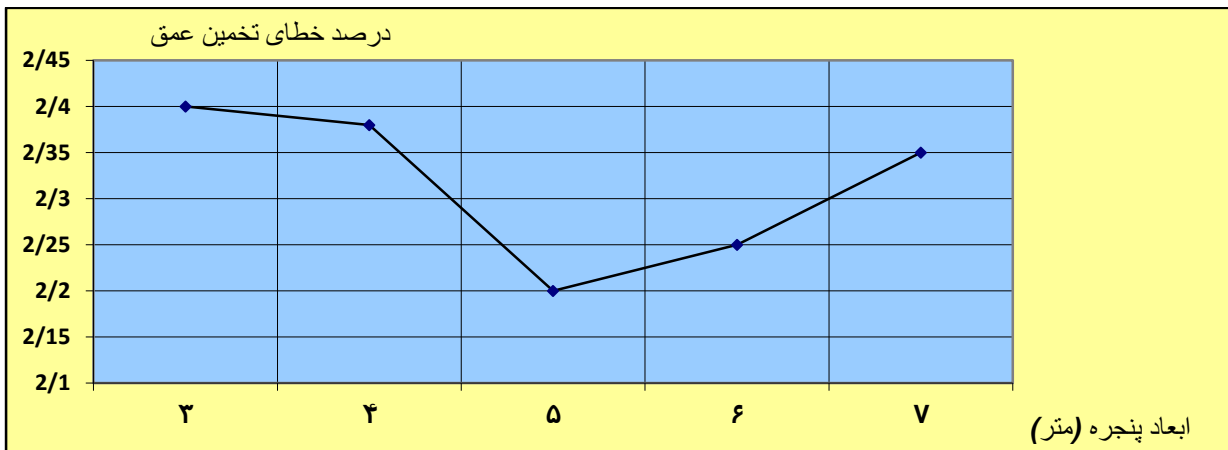
✓ Solution	X	Y	X Euler	Y Euler	Depth	Backgrnd	WndSize	dZ	dX\Y	X Offset	Y Offset	Mask
0.0	16.50	4.50	21.12	18.79	8.93	0.00	10.00	14.07	3.87	4.62	14.29	1
1.0	17.50	4.50	21.44	18.63	8.27	0.00	10.00	13.56	3.74	3.94	14.13	1
2.0	18.50	4.50	21.75	18.47	7.56	0.00	10.00	13.43	3.71	3.25	13.97	1
3.0	19.50	4.50	22.08	18.33	6.96	0.00	10.00	13.41	3.70	2.58	13.83	1
4.0	20.50	4.50	22.42	18.22	6.49	0.00	10.00	13.43	3.71	1.92	13.72	1
5.0	21.50	4.50	22.78	18.14	6.16	0.00	10.00	13.41	3.70	1.28	13.64	1
6.0	22.50	4.50	23.15	18.10	5.96	0.00	10.00	13.39	3.69	0.65	13.60	1
7.0	23.50	4.50	23.53	18.08	5.88	0.00	10.00	13.33	3.68	0.03	13.58	1
8.0	24.50	4.50	23.92	18.10	5.92	0.00	10.00	13.26	3.68	-0.58	13.60	1
9.0	25.50	4.50	24.29	18.14	6.08	0.00	10.00	13.17	3.68	-1.21	13.64	1
10.0	26.50	4.50	24.66	18.22	6.36	0.00	10.00	13.05	3.68	-1.84	13.72	1
11.0	27.50	4.50	25.01	18.33	6.77	0.00	10.00	12.91	3.67	-2.49	13.83	1
12.0	28.50	4.50	25.34	18.47	7.31	0.00	10.00	12.75	3.65	-3.16	13.97	1
13.0	29.50	4.50	25.66	18.64	7.98	0.00	10.00	12.63	3.64	-3.84	14.14	1
14.0	30.50	4.50	25.97	18.85	8.74	0.00	10.00	12.62	3.65	-4.53	14.35	1
15.0	31.50	4.50	26.30	19.06	9.46	0.01	10.00	12.96	3.78	-5.20	14.56	1
16.0	32.50	4.50	26.69	19.20	9.75	0.01	10.00	14.08	4.16	-5.81	14.70	1
17.0	43.50	4.50	34.60	16.44	-6.73	-0.01	10.00	8.82	18.32	-8.90	11.94	1
18.0	10.50	5.50	19.47	20.91	14.67	0.01	10.00	11.41	3.57	8.97	15.41	1
19.0	11.50	5.50	19.92	21.10	16.10	0.01	10.00	8.46	2.55	8.42	15.60	1
20.0	12.50	5.50	20.30	21.01	16.65	0.01	10.00	6.71	1.94	7.80	15.51	1
21.0	13.50	5.50	20.63	20.80	16.68	0.01	10.00	5.54	1.54	7.13	15.30	1
22.0	14.50	5.50	20.96	20.56	16.56	0.01	10.00	4.72	1.26	6.46	15.06	1
23.0	15.50	5.50	21.27	20.33	16.34	0.01	10.00	4.12	1.05	5.77	14.83	1
24.0	16.50	5.50	21.58	20.13	16.15	0.01	10.00	3.67	0.89	5.08	14.63	1
25.0	17.50	5.50	21.88	19.96	15.98	0.01	10.00	3.32	0.77	4.38	14.46	1
26.0	18.50	5.50	22.18	19.83	15.87	0.01	10.00	3.05	0.68	3.68	14.33	1
27.0	19.50	5.50	22.47	19.73	15.79	0.01	10.00	2.83	0.60	2.97	14.23	1

شکل (۳-۸) نمایشی از نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد بر روی داده‌های مصنوعی



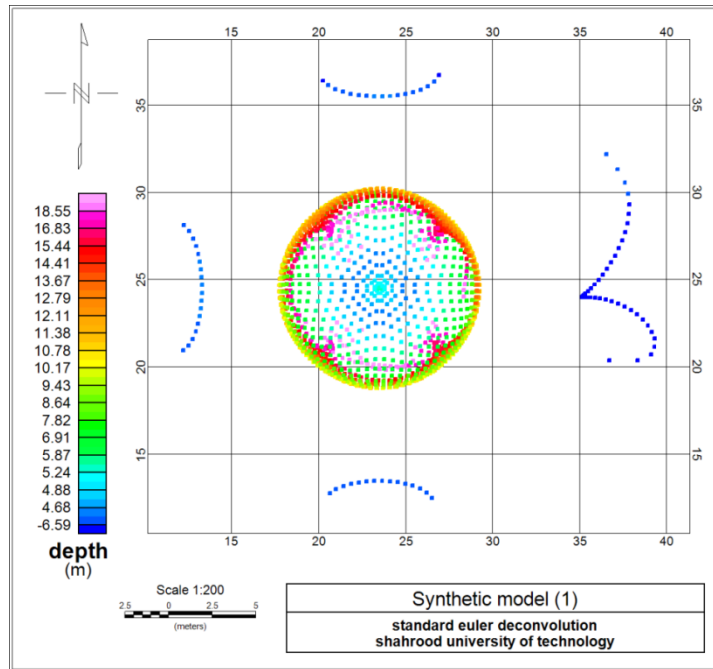
شکل (۳-۹) اعمال روش اویلر استاندارد روی مکعب ، در عمق ۵ متری

در ادامه، برای یافتن پهناى پنجره‌ای که کمترین درصد خطای تخمین عمق را داشته باشد، تمام مراحل اعمال شده برای پنجره ۳×۳، برای چهار پنجره، ۴×۴، ۵×۵، ۶×۶ و ۷×۷ نیز اعمال شده و با ثابت در نظر گرفتن اندیس ساختاری، از روی جواب‌های حاصل از اعمال روش اویلر برای هر پنجره، حداقل درصد خطای تخمین عمق، محاسبه شده و پنجره‌ای که دارای کمترین درصد خطا باشد به عنوان پنجره مناسب انتخاب می‌شود.

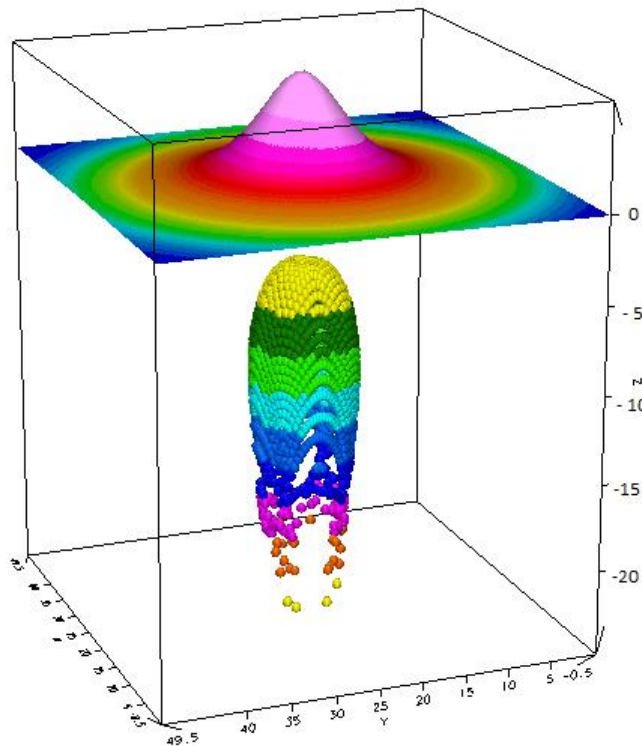


شکل (۳-۱۰) نمودار درصد خطای تخمین عمق بر حسب پهناى پنجره برای مکعب در عمق ۵ متری

در ادامه با در نظر گرفتن پنجره‌ای که حداقل درصد خطای تخمین عمق را دارا می‌باشد، یعنی پنجره ۵×۵، برای چهار اندیس ساختاری ۰,۵، ۰,۹، ۱,۵ و ۲ روش اویلر اعمال شده و نقشه آن رسم می‌شود.



شکل (۳-۱۱) نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد روی مکعب در عمق ۵ متری قبل از فیلترکردن



شکل (۳-۱۲) نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی مکعب و اعمال روش اویلر استاندارد قبل از

فیلترکردن

باید در نظر داشت که جواب‌های به دست آمده از اعمال روش اویلر، حاصل تمام نقاط شبکه می‌باشد زیرا پنجره اویلر، در تمام نقاط شبکه، حرکت داده می‌شود. اما در حین حرکت پنجره در شبکه، جواب‌هایی برای ما قابل قبول است که حاصل از نقاط داخل پنجره باشند و باید جواب‌های حاصل از نقاط بیرون پنجره از مجموعه جواب‌ها حذف شوند. به همین منظور عمل فیلتر کردن انجام می‌شود. در فیلتر کردن نتایج حاصل از اعمال روش اویلر، چند پارامتر محدود می‌شوند که عبارتند از:

۱- درصد خطای تخمین عمق (dz): در این قسمت حداکثر درصد خطای تخمین عمق در نظر گرفته می‌شود، در نتایج حاصل از اعمال روش اویلر برای هر نتیجه، درصد خطای تخمین عمق در نظر گرفته شده است و عددی بزرگتر از صفر می‌باشد. حداکثر خطایی که برای مدل مکعب در نظر گرفته شده، ۱۰ درصد می‌باشد و به این معنی است که اگر جوابی، خطایی بیشتر از آن داشت، از مجموعه نتایج حذف می‌شود.

۲- درصد خطای تخمین موقعیت افقی (dxy): معمولاً موقعیت افقی تعیین شده از اعمال روش اویلر، با موقعیت اصلی آنومالی مورد نظر مقداری تفاوت دارد. در مجموعه جواب‌های حاصل از اعمال روش اویلر، این مقدار تفاوت برای هر جواب مشخص شده است. برای مدل مکعب عدد ۲۰ درصد برای این خطا در نظر گرفته شده است. ناگفته نماند عدد پیش‌فرض نرم افزار ۳۰ درصد می‌باشد.

۳- گاهی اوقات بعد از اعمال روش اویلر، مقادیر به دست آمده برای عمق اعداد مثبت و منفی می‌باشند (معمولاً مثبت) برای مکعب مقادیر مثبت عمق در نظر گرفته شده است.

۴- مقادیر x-offset و y-offset: یکی از مهمترین قسمت‌های فیلتر کردن نتایج روش اویلر، این قسمت می‌باشد. همانطور که قبلاً ذکر شد پنجره اویلر روی تمام نقاط شبکه و هر مرحله به میزان نصف پهناى پنجره، حرکت داده می‌شود. با توجه به راهنمای نرم‌افزار مقادیر دو پارامتر گفته شده باید کوچکتر از نصف پهناى پنجره اویلر باشد. مثلاً در مدل مکعب پهناى

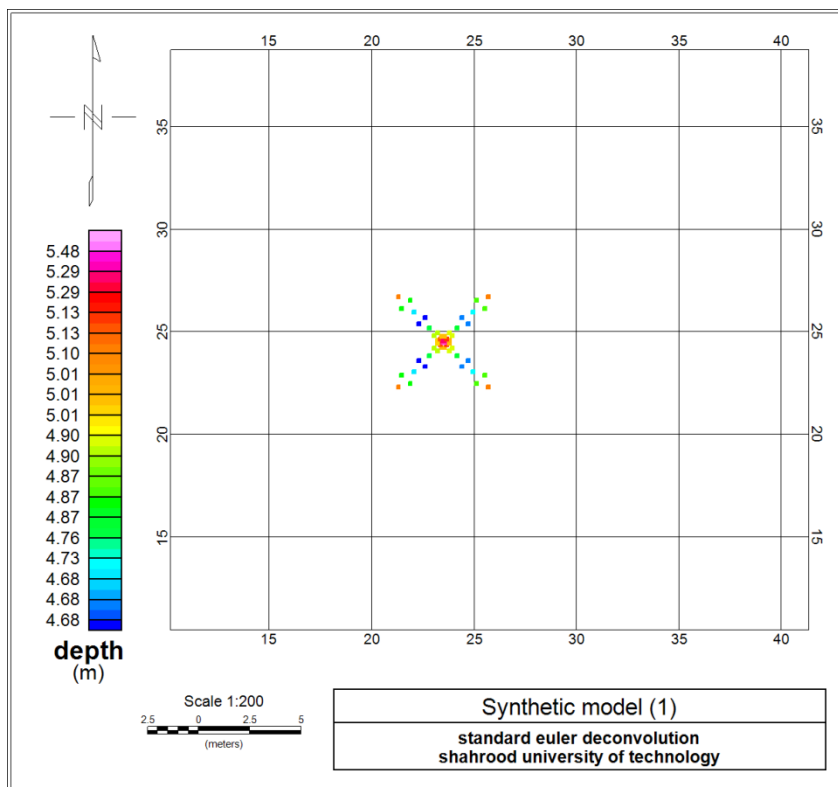
پنجره ۵ متر می باشد و باید داشته باشیم: $2.5 < x - offset < 2.5$ و $-2.5 < y$

$offset < 2.5$ و با اعمال این فیلتر جواب های حاصل از نقاط خارج پنجره اوپلر حذف می-

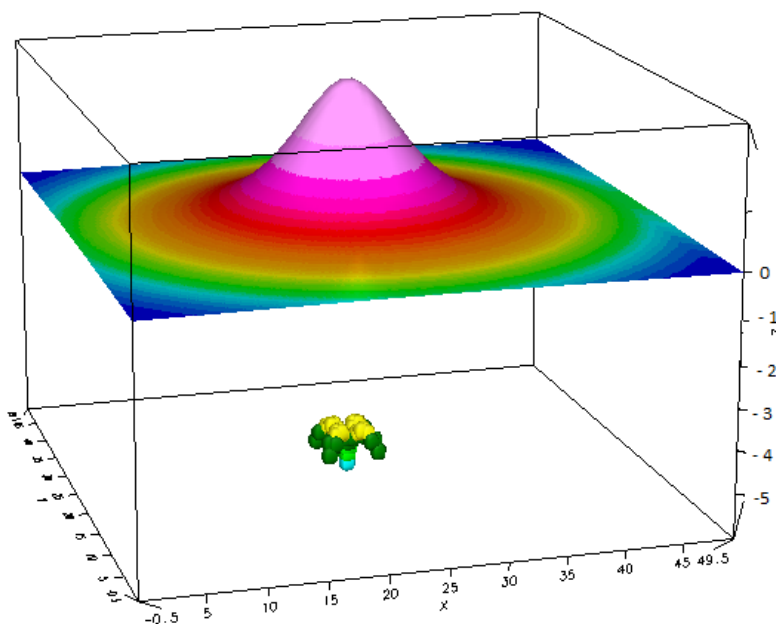
شوند.

✓ Solution	X	Y	X Euler	Y Euler	Depth	Backgrnd	WndSize	dZ	dXY	X Offset	Y Offset	Mask
0.0	2.00	2.00	6.03	5.51	1.16	*	5.00	7.27	168.84	4.03	3.51	*
1.0	3.00	2.00	5.08	8.70	1.59	*	5.00	5.73	104.63	2.08	6.70	1
2.0	4.00	2.00	5.88	9.16	1.80	*	5.00	5.59	88.52	1.80	7.16	1
3.0	5.00	2.00	6.65	9.50	2.04	*	5.00	5.29	73.00	1.65	7.50	1
4.0	6.00	2.00	7.75	9.54	2.27	*	5.00	4.99	60.95	1.75	7.54	1
5.0	7.00	2.00	8.89	9.56	2.51	*	5.00	4.64	50.40	1.89	7.56	1
6.0	8.00	2.00	10.11	9.53	2.77	*	5.00	4.30	41.72	2.11	7.53	1
7.0	9.00	2.00	11.34	9.52	3.04	*	5.00	3.95	34.37	2.34	7.52	1
8.0	10.00	2.00	12.59	9.51	3.32	*	5.00	3.62	28.43	2.59	7.51	*
9.0	11.00	2.00	13.82	9.53	3.62	*	5.00	3.33	23.66	2.82	7.53	*
10.0	12.00	2.00	15.03	9.59	3.92	*	5.00	3.11	20.00	3.03	7.59	*
11.0	13.00	2.00	16.19	9.68	4.23	*	5.00	2.98	17.60	3.19	7.68	*
12.0	14.00	2.00	17.31	9.81	4.54	*	5.00	2.97	16.13	3.31	7.81	*
13.0	15.00	2.00	18.35	9.98	4.85	*	5.00	3.10	15.53	3.35	7.98	*
14.0	16.00	2.00	19.30	10.17	5.15	*	5.00	3.34	15.57	3.30	8.17	*
15.0	17.00	2.00	20.16	10.38	5.44	*	5.00	3.67	16.03	3.16	8.38	*
16.0	18.00	2.00	20.93	10.59	5.69	*	5.00	4.05	16.71	2.93	8.59	*
17.0	19.00	2.00	21.59	10.79	5.92	*	5.00	4.45	17.46	2.59	8.79	*
18.0	20.00	2.00	22.16	10.98	6.11	*	5.00	4.83	18.18	2.16	8.98	1
19.0	21.00	2.00	22.64	11.13	6.26	*	5.00	5.16	18.81	1.64	9.13	1
20.0	22.00	2.00	23.06	11.24	6.36	*	5.00	5.41	19.28	1.06	9.24	1
21.0	23.00	2.00	23.44	11.31	6.42	*	5.00	5.57	19.58	0.44	9.31	1
22.0	24.00	2.00	23.80	11.33	6.43	*	5.00	5.61	19.68	-0.20	9.33	1
23.0	25.00	2.00	24.17	11.30	6.40	*	5.00	5.54	19.58	-0.83	9.30	1
24.0	26.00	2.00	24.57	11.22	6.32	*	5.00	5.36	19.29	-1.43	9.22	1

شکل (۳-۱۳) نمایشی از جواب های حاصل از اعمال روش اوپلر استاندارد بعد از فیلتر کردن



شکل (۳-۱۴) نتایج حاصل از روش اویلر استاندارد روی مکعب در عمق ۵ متری بعد از فیلتر کردن

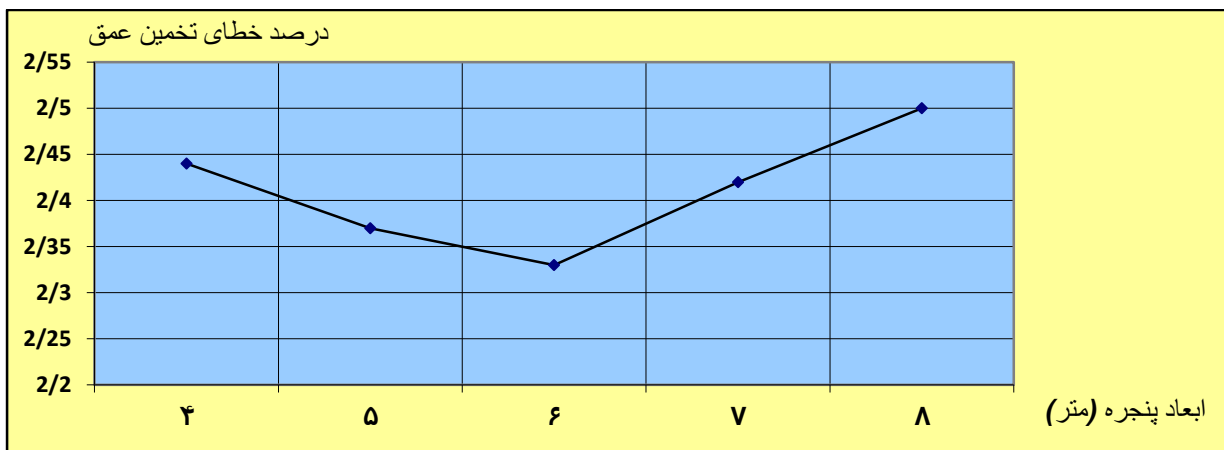


شکل (۳-۱۵) نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی مکعب و اعمال روش اویلر استاندارد بعد از فیلتر کردن

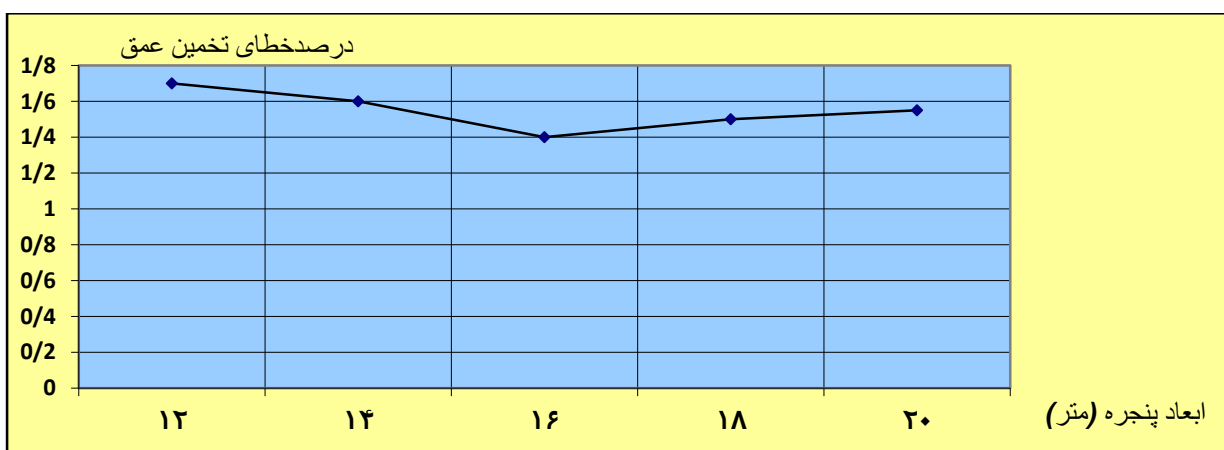
جدول (۳-۱) نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد، روی مکعب در عمق ۵ متری

اندازه پنجره (m)	ضریب ساختاری (SI)	تعداد جواب‌ها قبل از فیلتر کردن	عمق آنومالی قبل از فیلتر کردن بر حسب متر	تعداد جواب‌ها بعد از فیلتر کردن	عمق آنومالی بعد از فیلتر کردن بر حسب متر
۵×۵	۰,۵	۱۴۸۰	۱۱,۴	۱۸۴	۴,۷
۵×۵	۰,۹	۱۵۲۰	۱۰,۱	۶۰	۵,۰۲
۵×۵	۱,۵	۱۵۱۶	۸,۶	۳۶	۶,۵
۵×۵	۲	۱۵۰۷	۷,۴	۳۶	۷,۷

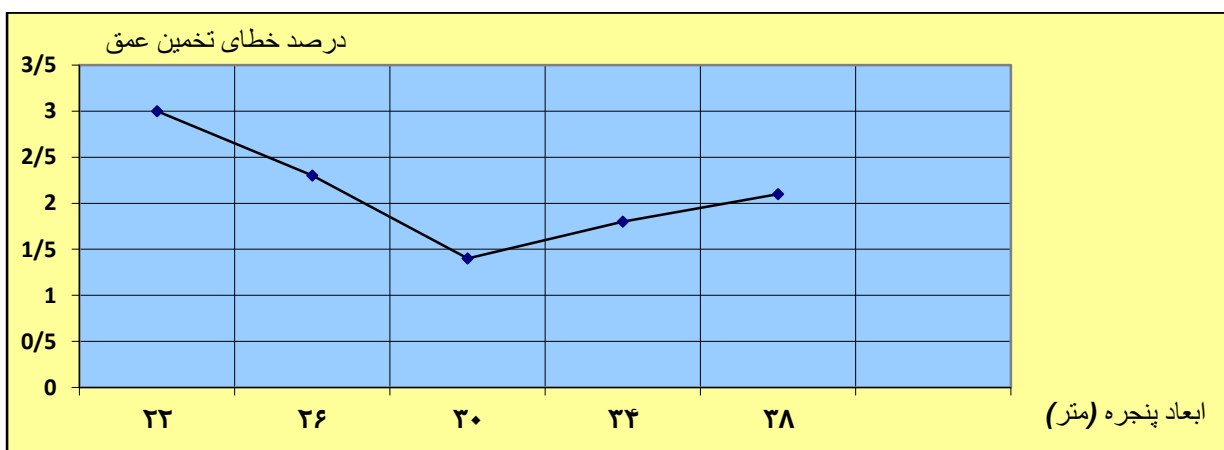
در ادامه، مکعب در اعماق ۱۰، ۱۵ و ۳۰ قرار داده شده و با در نظر گرفتن حداقل درصد خطای تخمین عمق، پنجره مناسب برای هر عمق مشخص می‌شود. با در نظر گرفتن پنجره مناسب روش اویلر استاندارد برای هر اندیس ساختاری اعمال شده و با فیلتر کردن نتایج و با داشتن عمق آنومالی، بهترین اندیس ساختاری مشخص می‌شود. (تمام مراحل اعمال انجام شده برای مکعب در عمق ۵ متری، در سه عمق یاد شده نیز اعمال می‌شود).



شکل (۳-۱۶) نمودار درصد خطای تخمین عمق بر حسب پهناي پنجره برای مکعب در عمق ۱۰ متر



شکل (۳-۱۷) نمودار درصد خطای تخمین عمق بر حسب پهناي پنجره برای مکعب در عمق ۱۵ متر



شکل (۳-۱۸) نمودار درصد خطای تخمین عمق بر حسب پهناي پنجره برای مکعب در عمق ۳۰ متر

با توجه به نمودارهای رسم شده، می توان نتیجه گرفت برای عمق های کم، پنجره با ابعاد کوچک قابل قبول می باشد و هرچه قدر عمق زیاد می شود با پنجره های بزرگ نتایج بهتری حاصل می شود با توجه به نمودارهای رسم شده ، کم ترین درصد خطای تخمین عمق برای مکعب در عمق ۱۰ متری پنجره به ابعاد ۶×۶ متر ، برای مکعب در عمق ۱۵ متری پنجره به ابعاد ۱۶×۱۶ متر و برای مکعب در عمق ۳۰ متری پنجره به ابعاد ۳۰×۳۰ مناسب ترین پنجره می باشد.

با در نظر گرفتن پنجره مناسب برای عمق های داده شده و با در نظر گرفتن چند اندیس ، بهترین اندیس ساختاری برای مکعب تعیین می شود.

جدول (۲-۳) نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد، روی مکعب در عمق ۱۰ متری

اندازه پنجره (m)	ضریب ساختاری (SI)	تعداد جوابها قبل از فیلتر کردن	عمق آنومالی قبل از فیلتر کردن بر حسب متر	تعداد جوابها بعد از فیلتر کردن	عمق آنومالی بعد از فیلتر کردن بر حسب متر
۶×۶	۰,۵	۱۴۳۳	۱۱,۴۳	۲۲۲	۸,۴۳
۶×۶	۱	۱۴۷۷	۱۱,۸۷	۴۹	۸,۹
۶×۶	۱,۳	۱۵۰۴	۱۱,۸۵	۴۹	۱۰
۶×۶	۱,۵	۱۵۰۸	۱۱,۹۷	۴۹	۱۰,۸

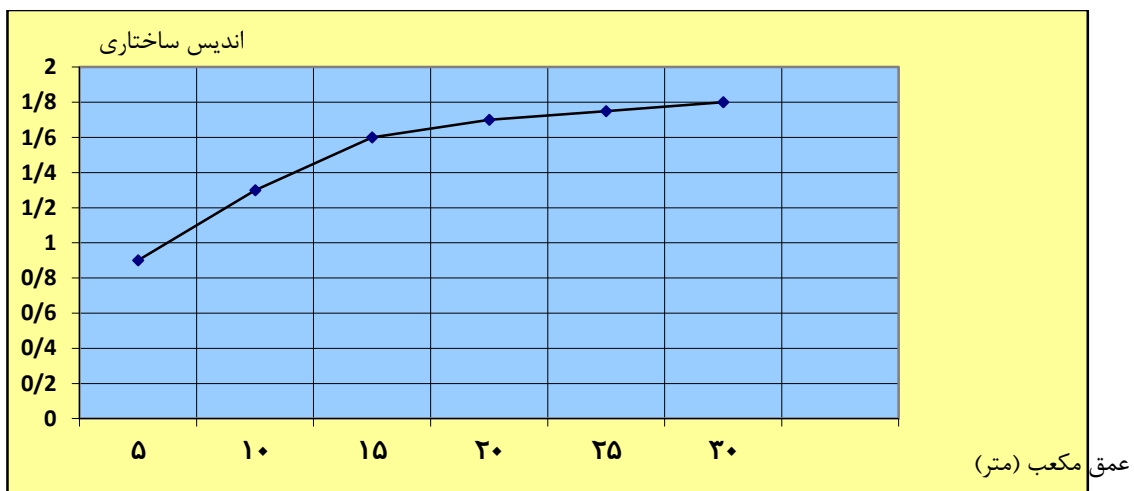
جدول (۳-۳) نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد، روی مکعب در عمق ۱۵ متری

اندازه پنجره (m)	ضریب ساختاری (SI)	تعداد جوابها قبل از فیلتر کردن	عمق آنومالی قبل از فیلتر کردن بر حسب متر	تعداد جوابها بعد از فیلتر کردن	عمق آنومالی بعد از فیلتر کردن بر حسب متر
۱۶×۱۶	۱	۵۹۵۱	۱۵,۴	۵۳۹	۱۱,۳۶
۱۶×۱۶	۱,۳	۵۹۶۶	۱۵,۱	۳۶۹	۱۳,۱۱
۱۶×۱۶	۱,۶	۵۹۸۴	۱۴,۷۷	۳۰۵	۱۴,۹۵
۱۶×۱۶	۲	۶۰۱۶	۱۴,۳۳	۲۵۷	۱۷,۳

جدول (۴-۳) نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد، روی مکعب در عمق ۳۰ متری

اندازه پنجره (m)	ضریب ساختاری (SI)	تعداد جوابها قبل از فیلتر کردن	عمق آنومالی قبل از فیلتر کردن بر حسب متر	تعداد جوابها بعد از فیلتر کردن	عمق آنومالی بعد از فیلتر کردن بر حسب متر
۳۰×۳۰	۱	۱۳۱۳	۲۳,۳	۷۴۴	۲۳,۷
۳۰×۳۰	۱,۴	۱۳۱۵	۲۷,۳	۳۲۵	۲۵,۷
۳۰×۳۰	۱,۸	۱۳۱۵	۳۱,۲۳	۲۴۲	۳۰,۲
۳۰×۳۰	۲	۱۳۱۶	۳۳,۳	۲۳۲	۳۲,۵

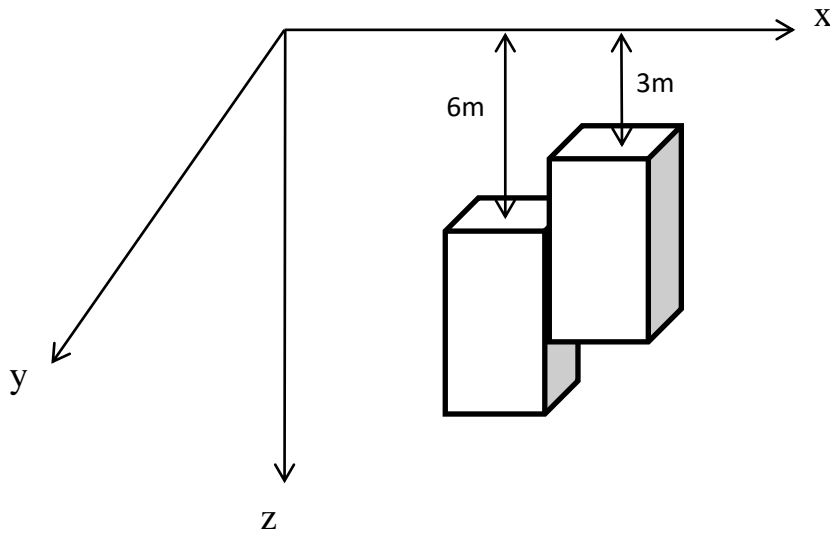
با توجه به مقادیر به دست آمده از اعمال روش اویلر، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که اندیس ساختاری مکعب با توجه به افزایش عمق افزایش می‌یابد و تا عمق ۳۰ متری در محدوده ۰,۹ تا ۱,۸ تغییر کرده است. اما با توجه به شکل (۳-۵) مقدار اندیس ساختاری در حال میل کردن به عددی می‌باشد که با برون‌یابی نمودار به عدد ۲ خواهیم رسید. و این نتیجه می‌تواند به این نکته اشاره داشته باشد که در اعماق زیاد، مکعب شبیه کره عمل می‌کند. پس می‌توانیم اندیس ساختاری مکعب را با توجه به عمق، به سه صورت تعریف کنیم. برای مکعبی در عمق کم، اندیس ساختاری برابر ۱، در عمق متوسط، برابر با ۱,۵ و در اعماق زیاد برابر با ۲ در نظر گرفته شود.



شکل (۳-۱۹) نمودار اندیس ساختاری مکعب بر حسب عمق مکعب از سطح زمین

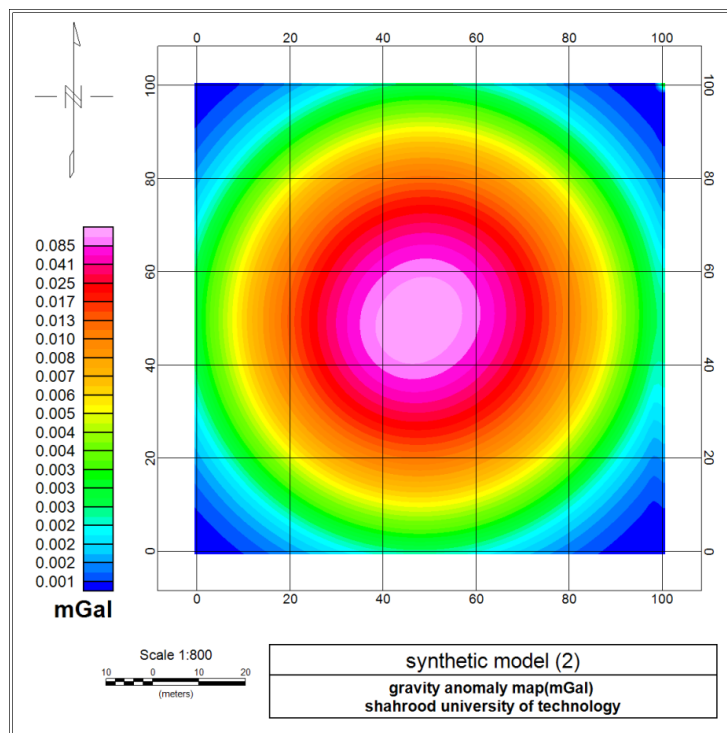
۳-۲-۲ اعمال روش اویلر استاندارد روی داده‌های مصنوعی دو مکعب

دو مکعب به ابعاد $5 \times 5 \times 10$ متر را در کنار هم قرار داده و در اعماق ۳ و ۶ متری از سطح زمین قرار داده شده، این دو مکعب در شبکه 100×100 متر که فاصله نقاط برداشت از هم ۲ متر می‌باشد قرار داده شده‌اند.

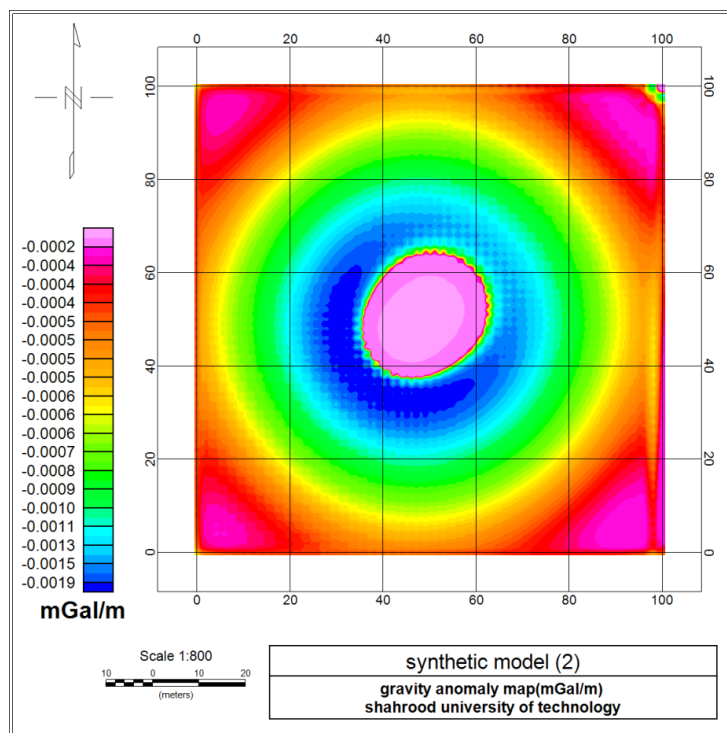


شکل (۳-۲۰) طریقه قرارگیری دو مکعب در اعماق ۳ و ۶ متری از سطح زمین که تباین چگالی آنها با محیط $1 \frac{g}{cm^3}$ می باشد

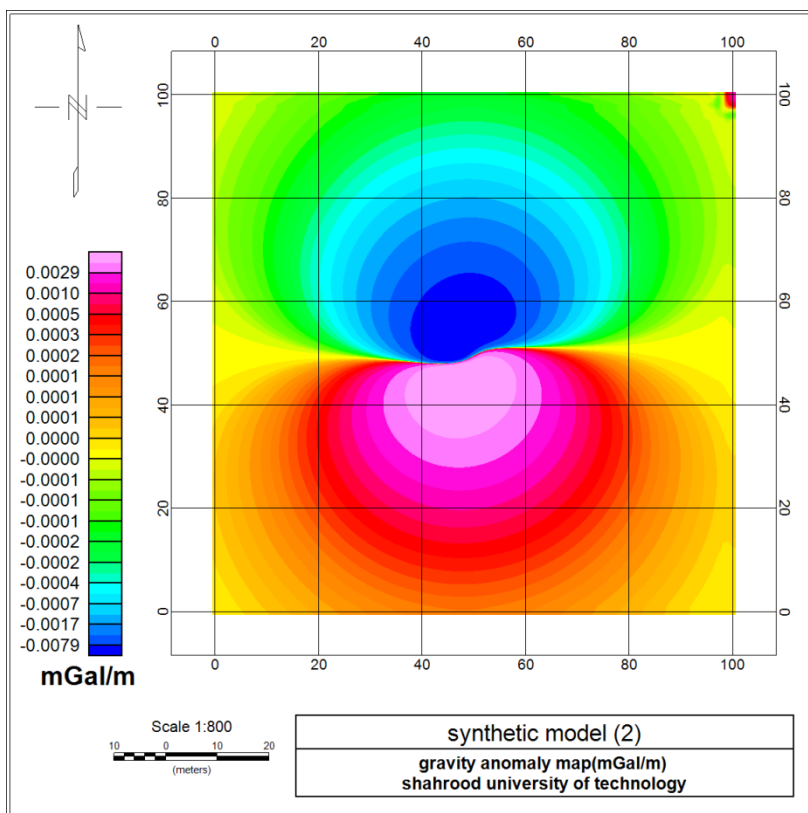
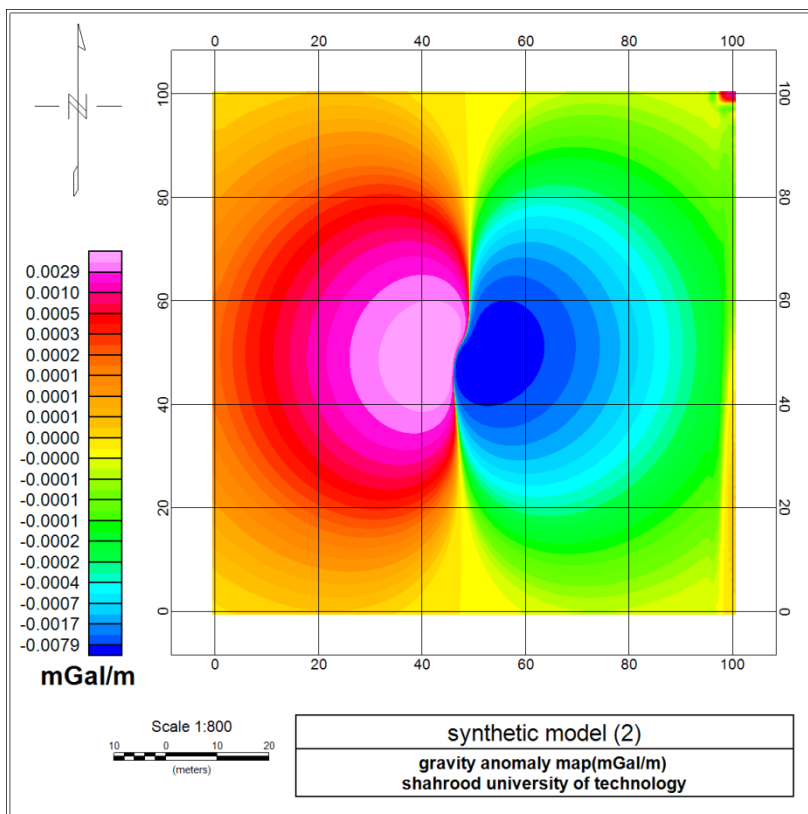
در این قسمت نیز تمام مراحل گفته شده در قسمت (۳-۲-۱)، مرحله به مرحله اجرا می شود. ابتدا داده ها وارد نرم افزار شده سپس گرید داده ها را تهیه شده و گرادیان های افقی و قائم داده ها نیز مشخص می شود.



شکل (۳-۲۱) پربند حاصل از آنومالی گرانی مدل دو مکعب

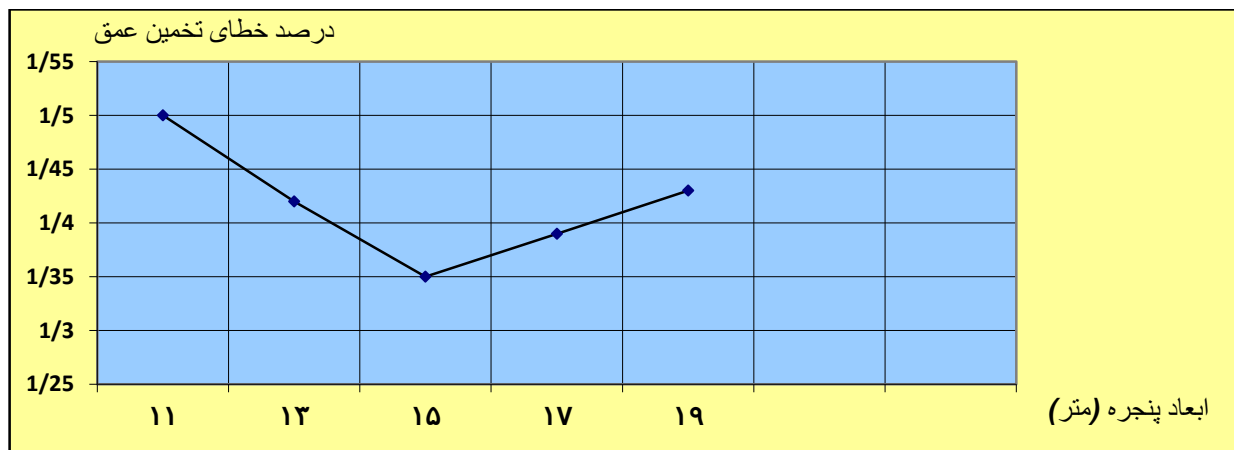


شکل (۳-۲۲) پربند حاصل از گرادیان قائم گرانی مدل دو مکعب



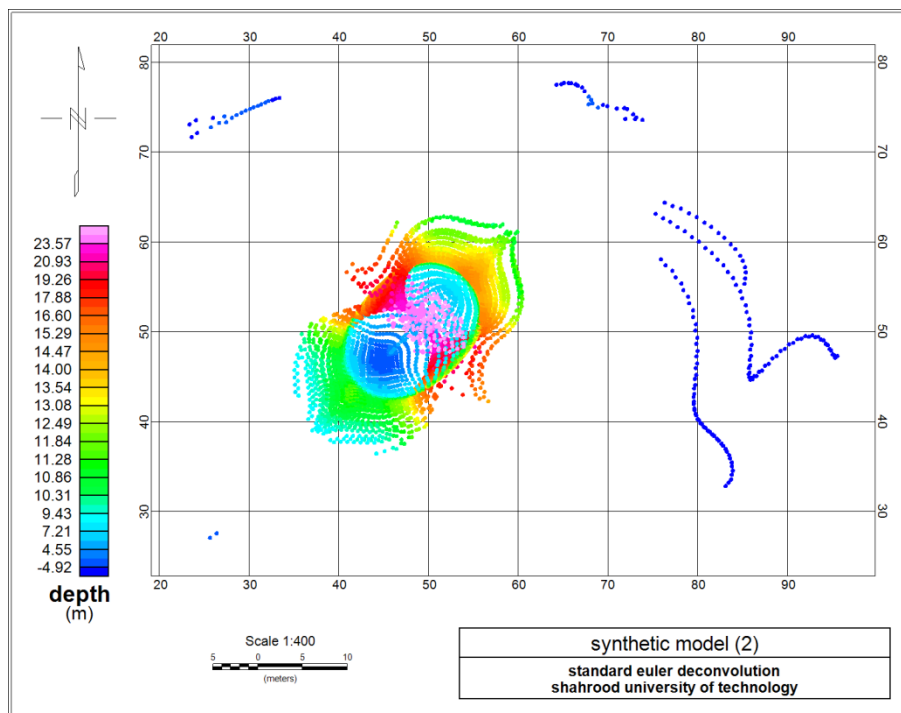
شکل (۳-۲۳) پربندهای حاصل از گرادیان‌های افقی گرانی مدل دو مکعب

با اعمال اویلر استاندارد روی داده‌ها، نمودار درصد خطای تخمین عمق بر حسب ابعاد پنجره برای دو مکعب یاد شده رسم می‌شود. با کمک گرفتن از این نمودار می‌توان، پنجره مناسب را برای تخمین عمق پیدا کرد.

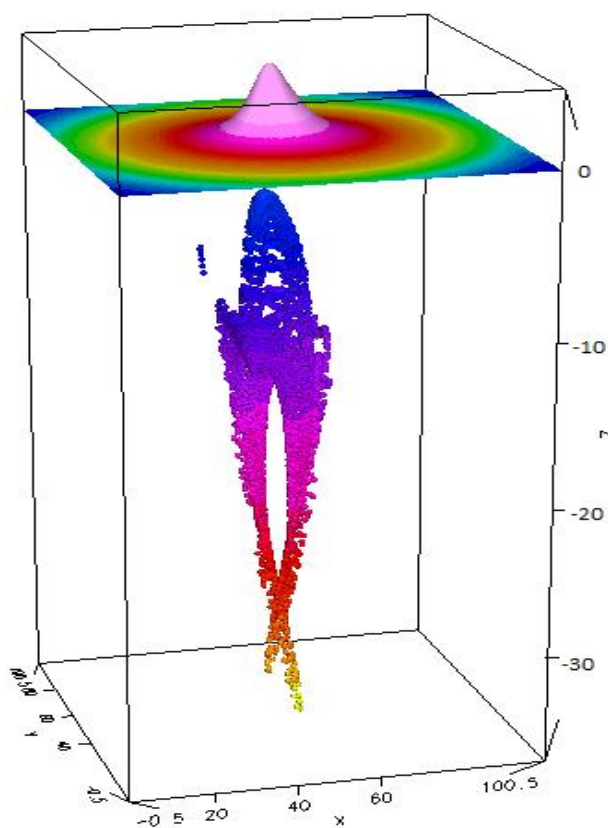


شکل (۳-۲۴) نمودار درصد خطای تخمین عمق بر حسب اندازه پنجره مدل دو مکعب

با توجه به نمودار بالا پنجره 15×15 کمترین درصد خطای تخمین عمق را دارا می‌باشد، پس مناسب‌ترین پنجره برای دو مکعب، این پنجره می‌باشد. حال با داشتن پنجره مناسب، با در نظر گرفتن چهار اندیس ساختاری $0,5$ ، $0,8$ ، $1,5$ و 2 به تخمین عمق آنومالی مورد نظر پرداخته می‌شود و نتایج به دست آمده به نقشه درآورده می‌شود.

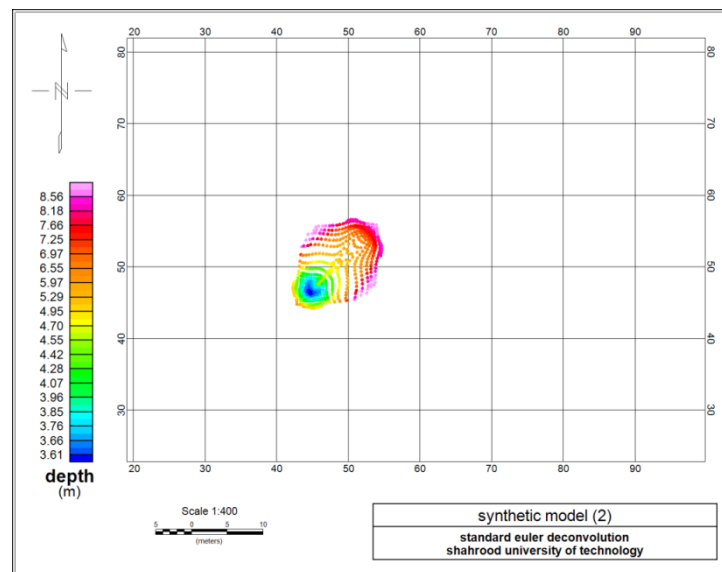


شکل (۲۵-۳) نتایج حاصل از روش اویلر استاندارد روی دو مکعب قبل از فیلتر کردن

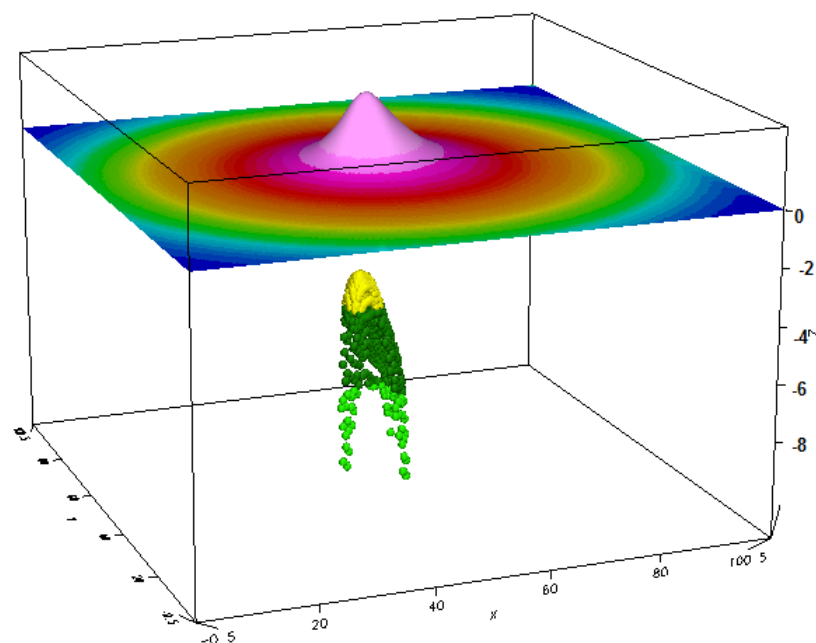


شکل (۲۶-۳) نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی دو مکعب و اعمال روش اویلر استاندارد قبل از فیلتر کردن

در ادامه با اعمال فیلترینگ روی داده‌ها نتایج نهایی حاصل از اعمال اویلر استاندارد حاصل شده و به صورت نقشه نمایش داده می‌شود. لازم به ذکر است که در فیلتر کردن داده‌ها، حداکثر خطای تخمین عمق برابر با ۱۰ درصد، حداکثر خطای موقعیت افقی، ۲۰ درصد، مقادیر x -offset و y -offset به اندازه‌ی نصف پهنا‌ی پنجره در نظر گرفته شد. همچنین مقادیر منفی عمق فیلتر شد.



شکل (۳-۲۷) نتایج حاصل از روش اویلر استاندارد روی مدل دو مکعب بعد از فیلتر کردن



شکل (۳-۲۸) نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی دو مکعب و اعمال روش اویلر استاندارد بعد از فیلتر کردن

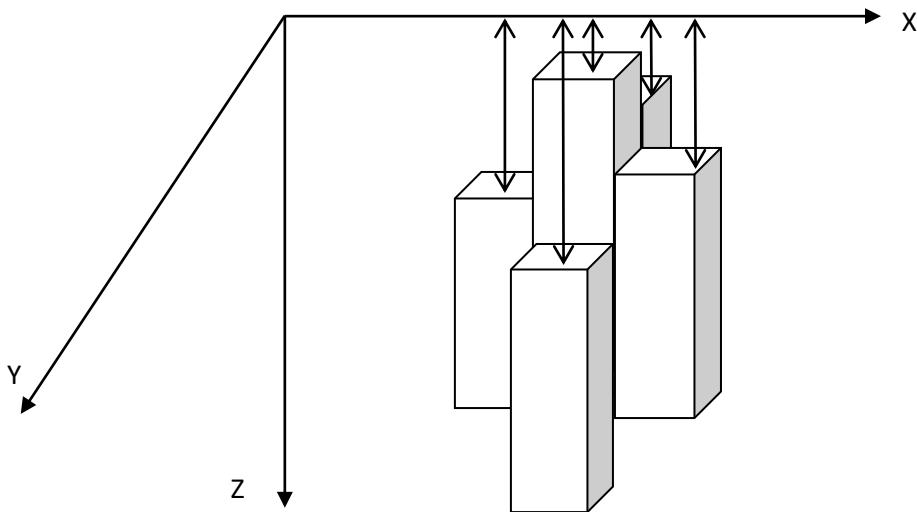
جدول (۳ - ۵) نتایج حاصل از روش اویلر استاندارد روی مدل دو مکعب

اندازه پنجره (m)	ضریب ساختاری (SI)	تعداد جواب‌ها قبل از فیلتر کردن	عمق آنومالی قبل از فیلتر کردن بر حسب متر	تعداد جواب‌ها بعد از فیلتر کردن	عمق آنومالی بعد از فیلتر کردن بر حسب متر
۱۵×۱۵	۰,۵	۶۳۵۱	۱۴,۴	۱۰۱۵	۵,۱
۱۵×۱۵	۰,۸	۶۳۵۰	۱۲,۶۷	۶۴۹	۴,۶
۱۵×۱۵	۱,۵	۶۳۷۸	۱۰	۳۳۶	۷
۱۵×۱۵	۲	۶۴۰۵	۷,۹	۲۲۸	۸,۴

۳-۲-۳ اعمال روش اویلر استاندارد روی داده‌های مصنوعی پنج

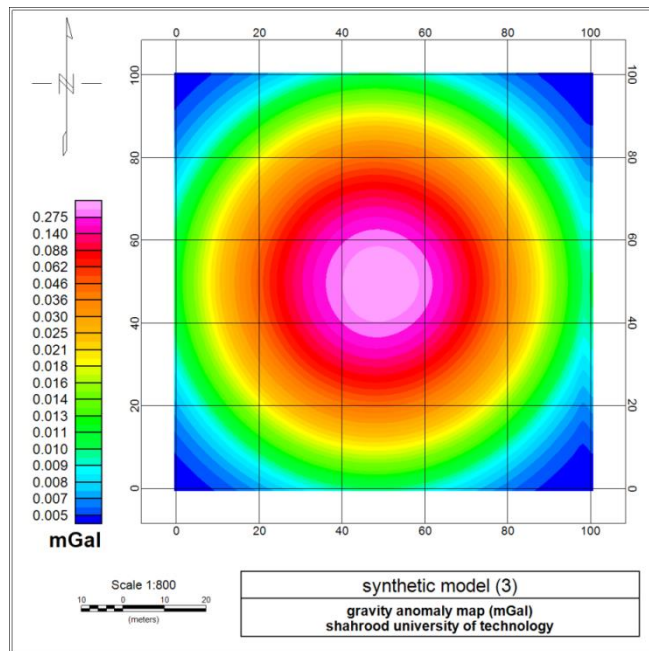
مکعب

پنج مکعب به ابعاد $۵ \times ۵ \times ۱۰$ متر که به هم چسبیده اند در اعماق ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ متری از سطح زمین قرار داده شده است، و میانگین عمق آنها ۶ متر می‌باشد. این پنج مکعب در شبکه ۱۰۰×۱۰۰ متر که فاصله نقاط برداشت از هم ۲ متر می‌باشد قرار گرفته‌اند.

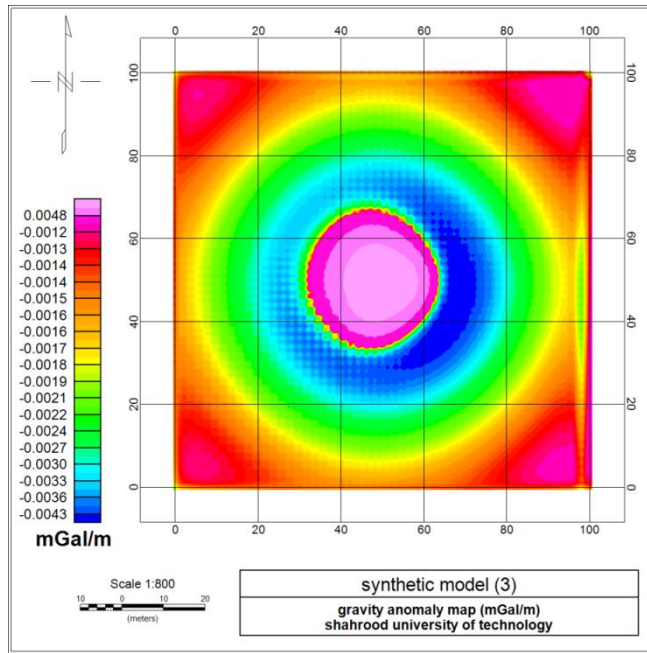


شکل (۳-۲۹) طریقه قرار گرفتن پنج مکعب در عمق‌های مختلف از سطح زمین که تباین چگالی با محیط $1 \frac{g}{cm^3}$ است.

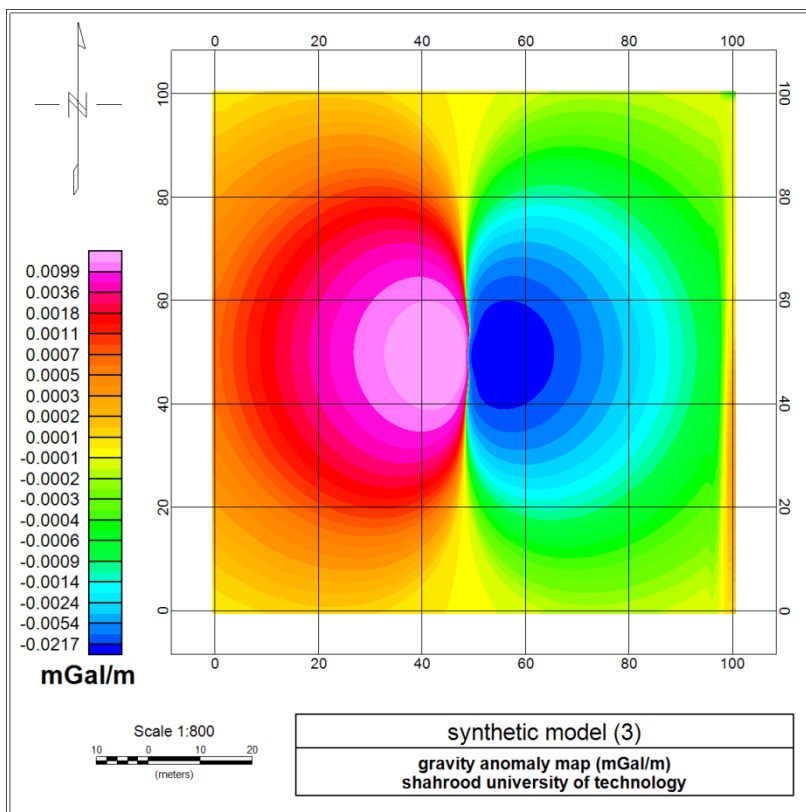
در این قسمت نیز تمام مراحل گفته شده در قسمت (۳-۲-۱)، مرحله به مرحله اجرا می‌شود. ابتدا داده‌ها وارد نرم‌افزار شده سپس گرید داده‌ها را تهیه شده و گرادیان‌های افقی و قائم داده‌ها نیز مشخص می‌شود.

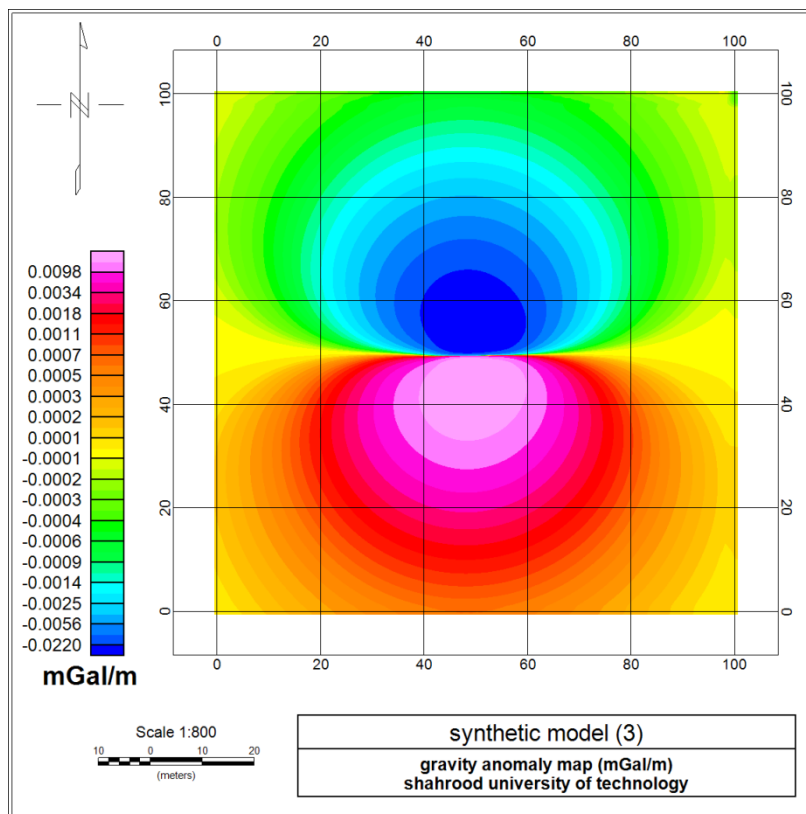


شکل (۳-۳۰) پربند حاصل از ناهنجاری گرانی مدل پنج مکعب



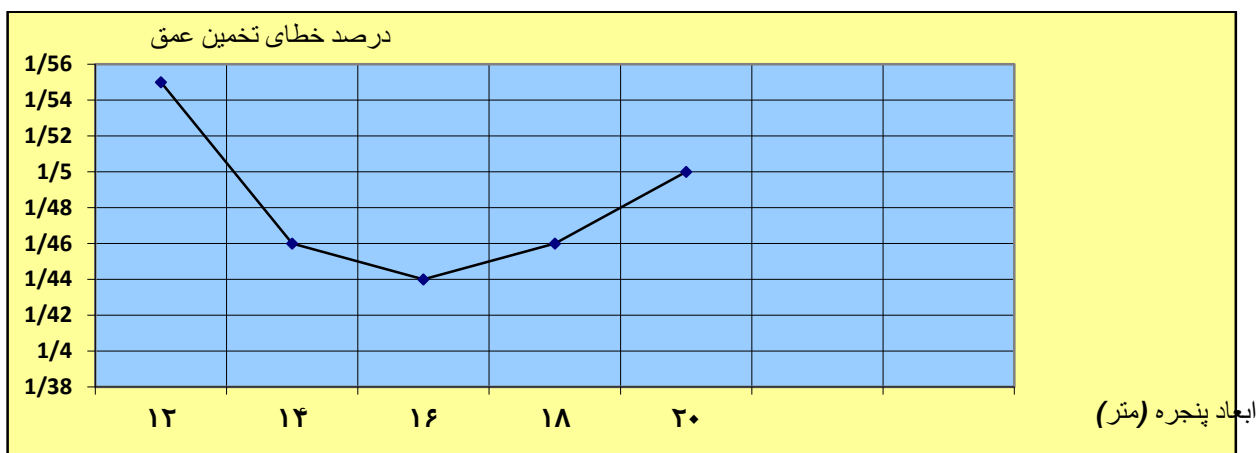
شکل (۳-۳۱) پربند حاصل از گرادیان قائم مدل پنج مکعب





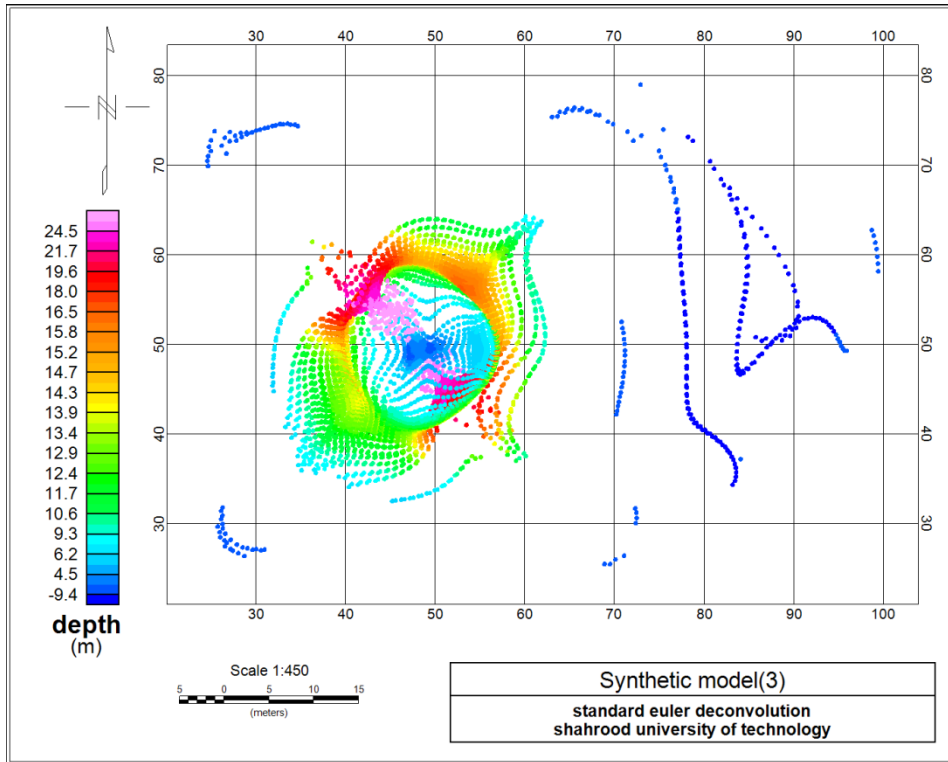
شکل (۳-۳۲) پربندهای حاصل از گرادپانه‌های افقی مدل پنج مکعب

با اعمال اویلر استاندارد روی داده‌ها، نمودار درصد خطای تخمین عمق بر حسب ابعاد پنجره برای پنج مکعب رسم شده. با کمک گرفتن از این نمودار، پنجره مناسب را برای تخمین عمق مشخص می‌شود.

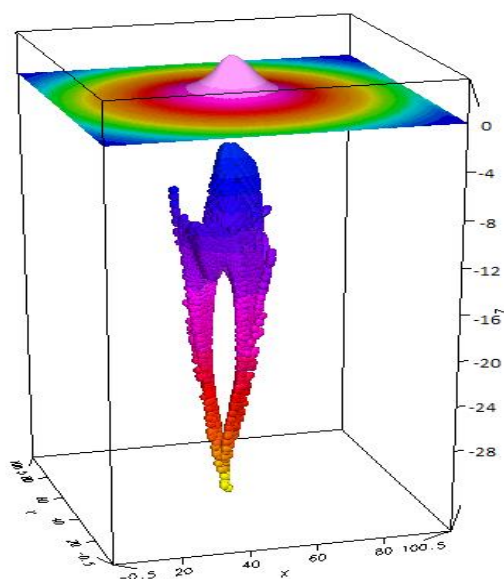


شکل (۳-۳۳) نمودار درصد خطای تخمین عمق بر حسب پهنای پنجره مدل پنج مکعب

با توجه به نمودار، مناسب‌ترین پنجره برای مدل پنج مکعب، پنجره با ابعاد 16×16 متر می‌باشد. با توجه به این نکته، با در نظر گرفتن پنجره مورد نظر و استفاده از چند اندیس ساختاری، اندیس ساختاری مناسب برای این مدل تعیین می‌شود. و نتایج حاصل به صورت نقشه نشان داده می‌شود.

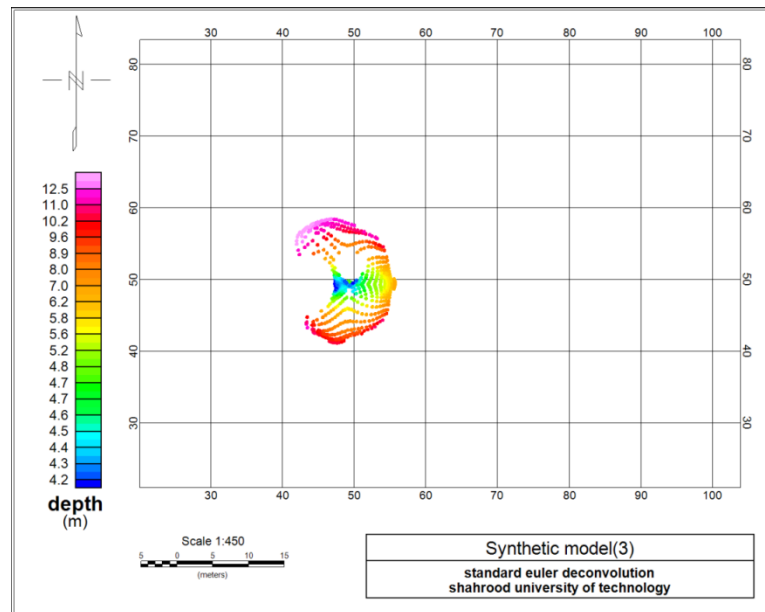


شکل (۳-۳۴) نتایج حاصل از روش اوپلر استاندارد روی پنج مکعب قبل از فیلتر کردن

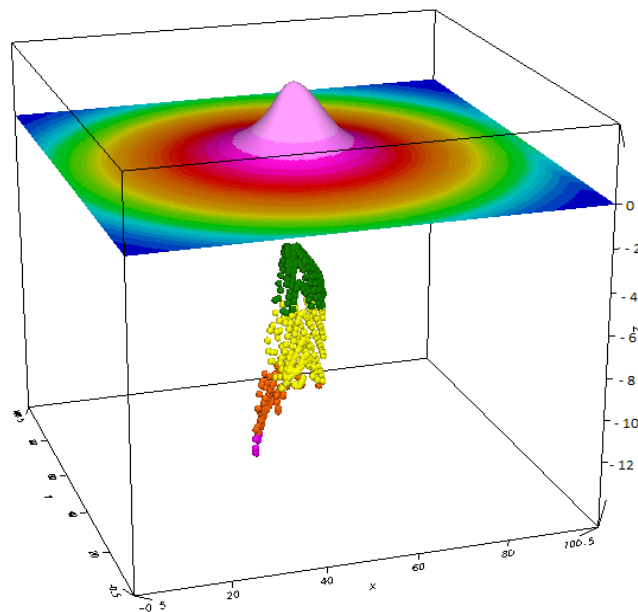


شکل (۳-۳۵) نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی پنج مکعب و اعمال روش اوپلر استاندارد قبل از فیلتر کردن

در ادامه با اعمال فیلترینگ بر روی داده‌ها نتایج نهایی حاصل از اعمال اوپلر استاندارد حاصل شده و به صورت نقشه نمایش داده می‌شود. لازم به ذکر است که در فیلتر کردن داده‌ها، حداکثر خطای تخمین عمق برابر با ۱۰ درصد، حداکثر خطای موقعیت افقی، ۲۰ درصد، مقادیر x -offset و y -offset به اندازه‌ی نصف پهنا‌ی پنجره در نظر گرفته شد. همچنین مقادیر منفی عمق فیلتر شد.



شکل (۳-۳۶) نتایج حاصل از روش اوپلر استاندارد روی مدل پنج مکعب بعد از فیلتر کردن



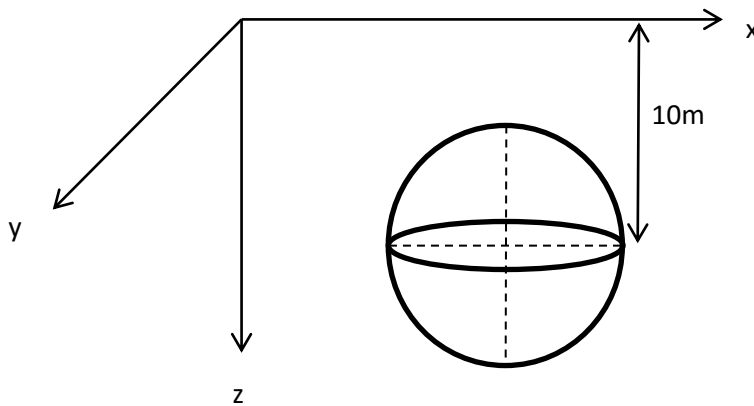
شکل (۳-۳۷) نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی پنج مکعب و اعمال روش اوپلر استاندارد بعد از فیلتر کردن

جدول (۳-۶) نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد روی مدل پنج مکعب

عمق آنومالی بعد از فیلتر کردن بر حسب متر	تعداد جواب‌ها بعد از فیلتر کردن	عمق آنومالی قبل از فیلتر کردن بر حسب متر	تعداد جواب‌ها قبل از فیلتر کردن	ضریب ساختاری (SI)	اندازه پنجره (m)
۶,۹	۱۲۰۵	۱۵	۶۴۱۹	۰,۵	۱۶×۱۶
۶,۰۵	۶۳۰	۱۳,۴	۶۴۱۰	۰,۸	۱۶×۱۶
۷,۴	۲۷۳	۱۱	۶۴۰۳	۱,۵	۱۶×۱۶
۹,۳	۲۲۸	۹	۶۳۸۰	۲	۱۶×۱۶

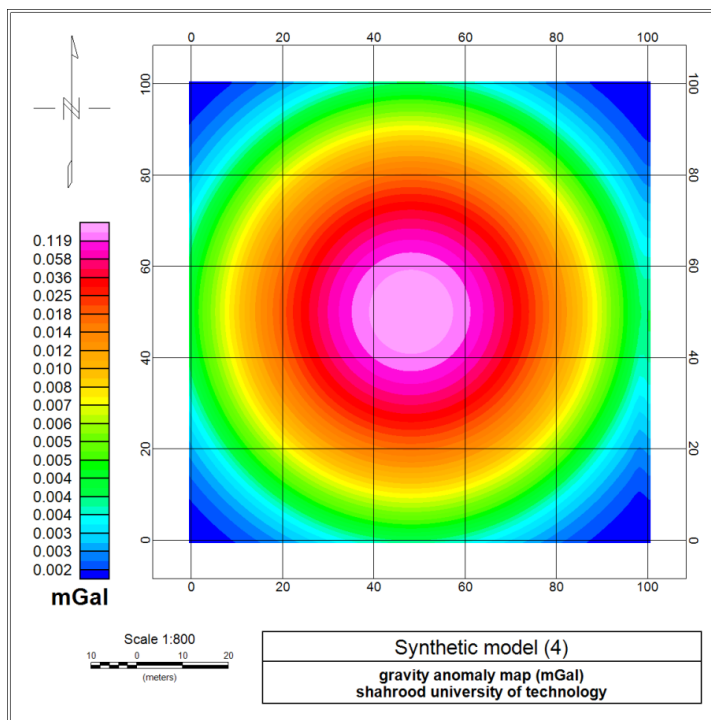
۴-۲-۳ اعمال روش اویلر استاندارد روی داده‌های مصنوعی مدل کره

در یک شبکه 100×100 که فاصله نقاط شبکه از هم ۲ متر می‌باشد کره‌ای به شعاع ۵ متر در عمق ۱۰ متری (فاصله مرکز کره از سطح زمین) قرار داده می‌شود.

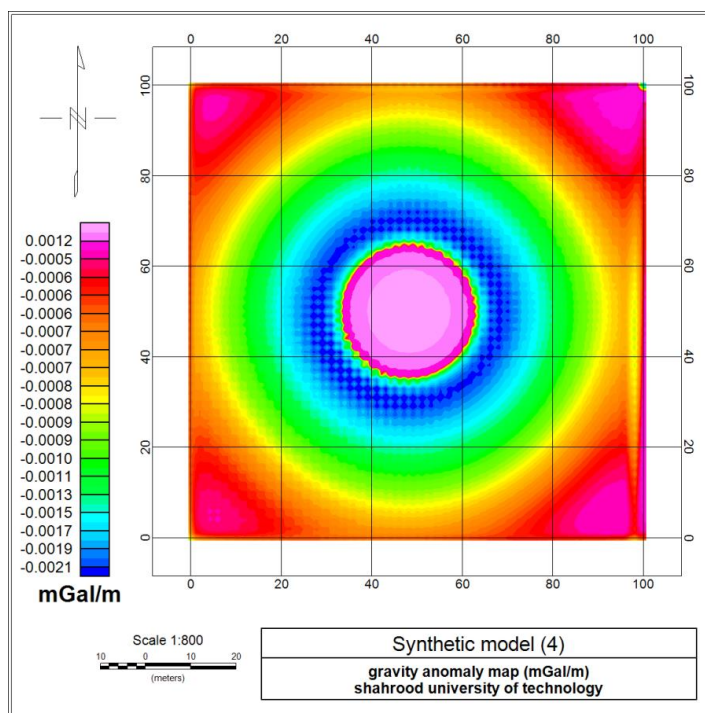


شکل (۳-۳۸) طریقه قرارگیری کره در عمق ۱۰ متری با تباین چگالی $1.1 \frac{g}{cm^3}$ با محیط

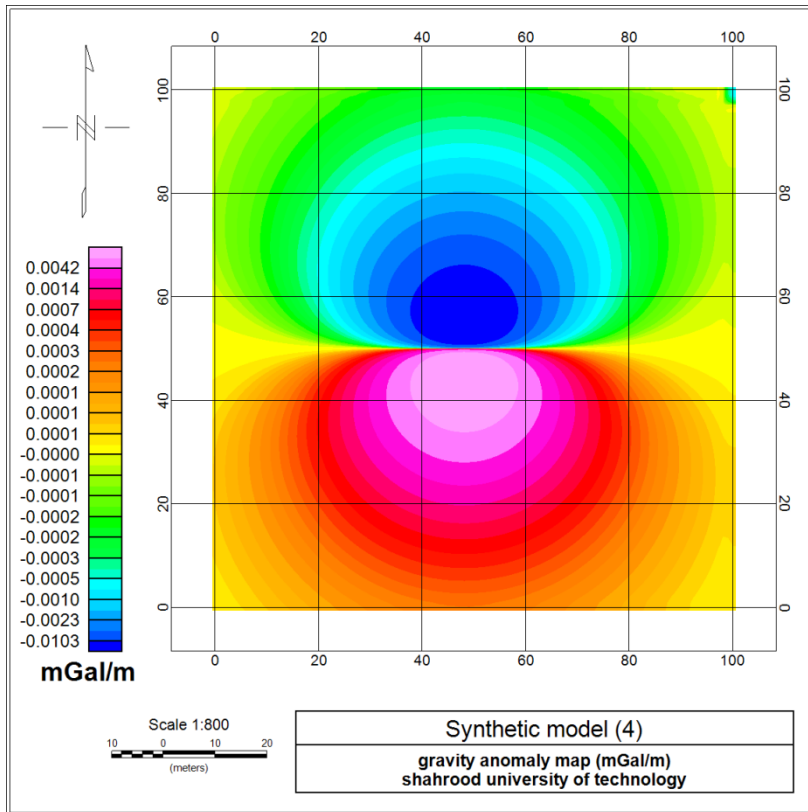
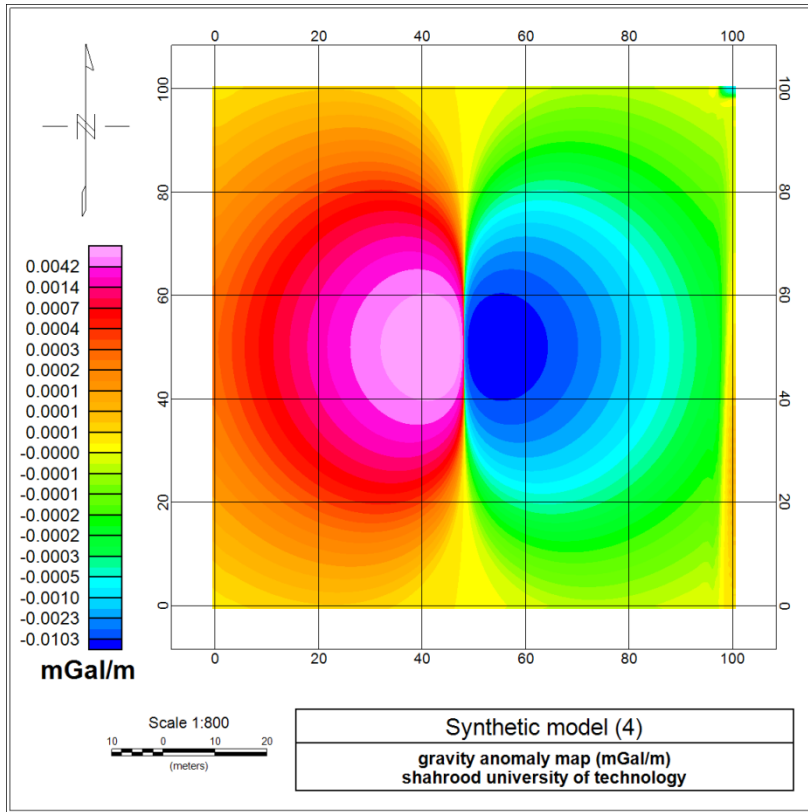
در این قسمت نیز تمام مراحل گفته شده در قسمت (۳-۲-۱)، مرحله به مرحله اجرا می‌شود. ابتدا داده‌ها وارد نرم‌افزار شده سپس گرید داده‌ها را تهیه شده و گرادیان‌های افقی و قائم داده‌ها نیز مشخص می‌شود.



شکل (۳-۳۹) پریند حاصل از ناهنجاری گرانی مدل کره

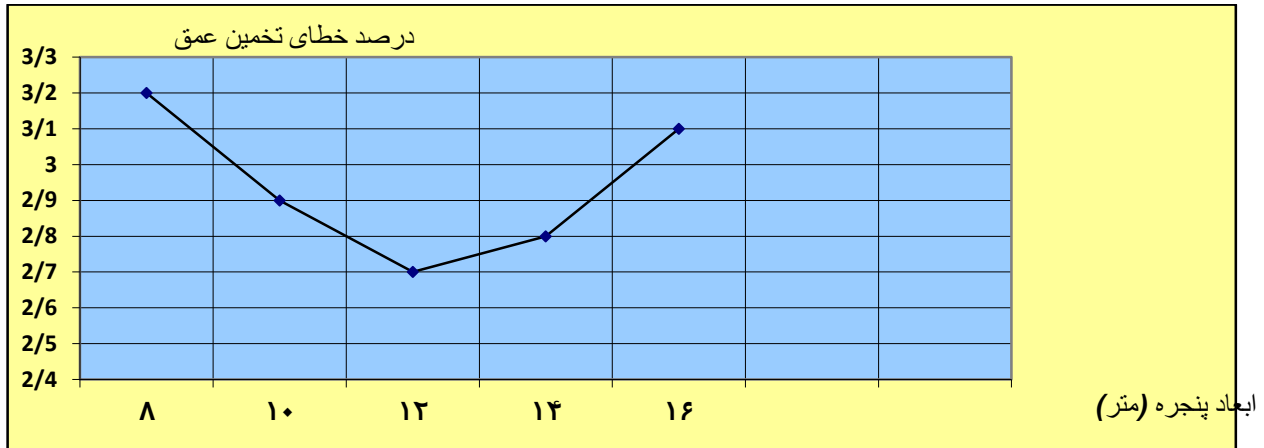


شکل (۳-۴۰) پربند حاصل از گرادیان قائم مدل کره



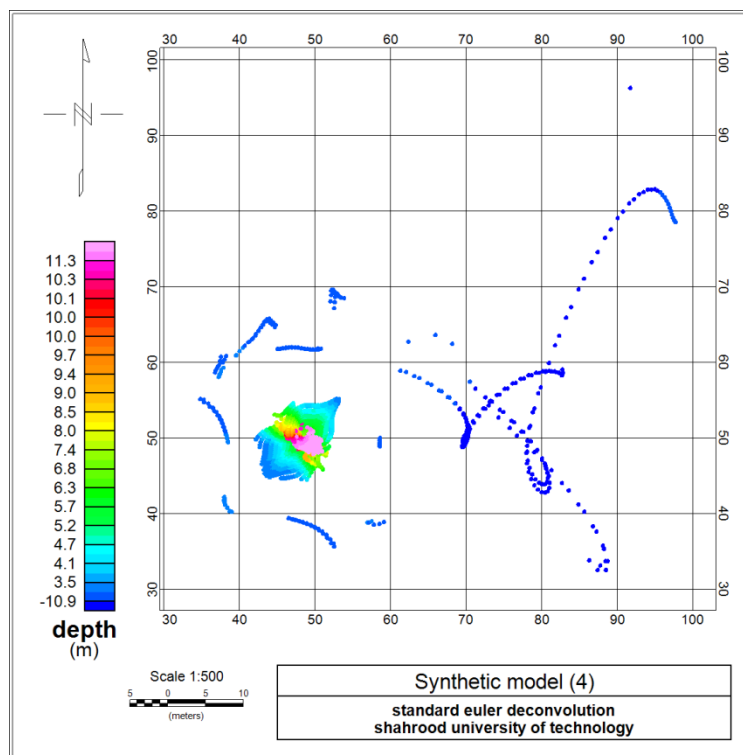
شکل (۳-۴۱) پربندهای حاصل از گرادیانهای افقی مدل کره

با اعمال اویلر استاندارد روی داده‌ها، نمودار درصد خطای تخمین عمق بر حسب ابعاد پنجره برای کره در عمق ۱۰ متری رسم شده. با کمک گرفتن از این نمودار، پنجره مناسب برای تخمین عمق مشخص می‌شود.

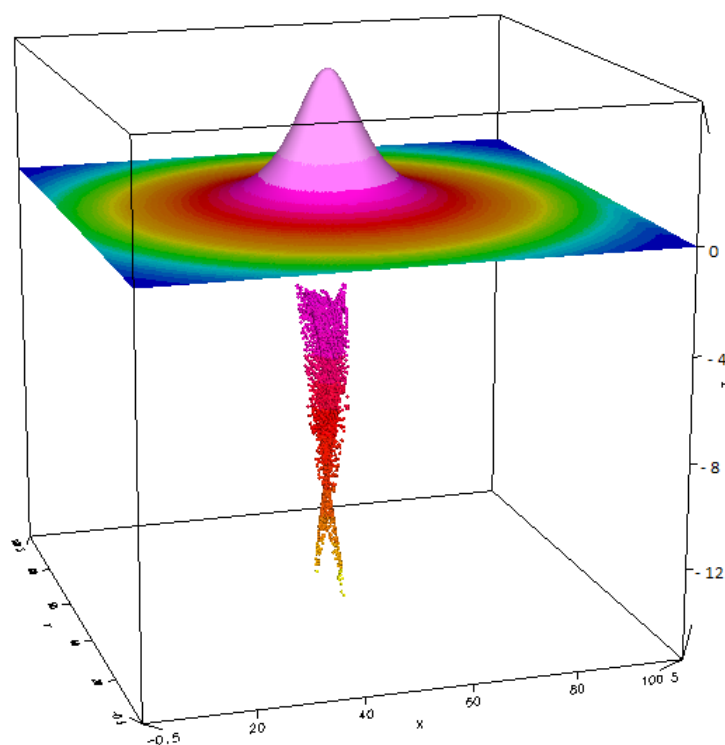


شکل (۳-۴۲) نمودار درصد خطای تخمین عمق بر حسب پهناي پنجره مدل کره در عمق ۱۰ متری

با توجه به نمودار، مناسب‌ترین پنجره برای مدل پنج مکعب، پنجره با ابعاد 12×12 متر می‌باشد. با توجه به این نکته، با در نظر گرفتن پنجره مورد نظر و استفاده از چند اندیس ساختاری، اندیس ساختاری مناسب برای این مدل تعیین می‌شود. و نتایج حاصل به صورت نقشه نشان داده می‌شود.

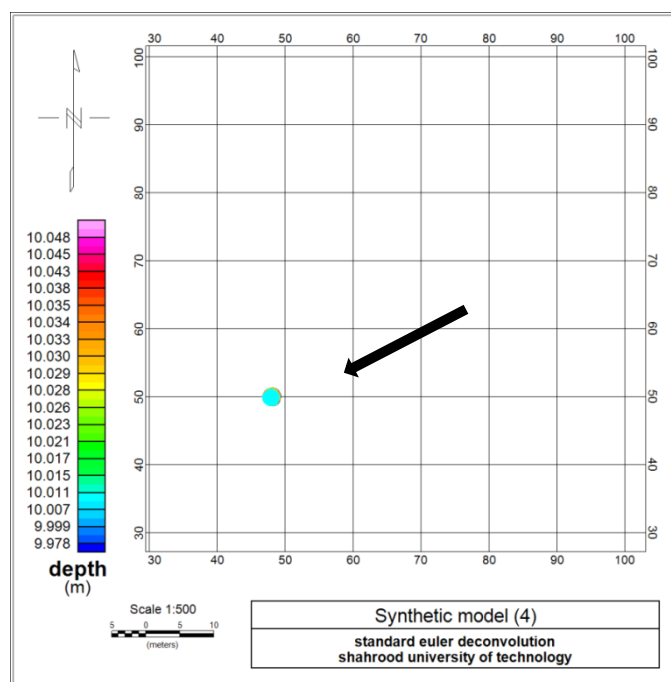


شکل (۳-۴۳) نتایج حاصل از روش اویلر استاندارد روی کره در عمق ۱۰ متری قبل از فیلتر کردن

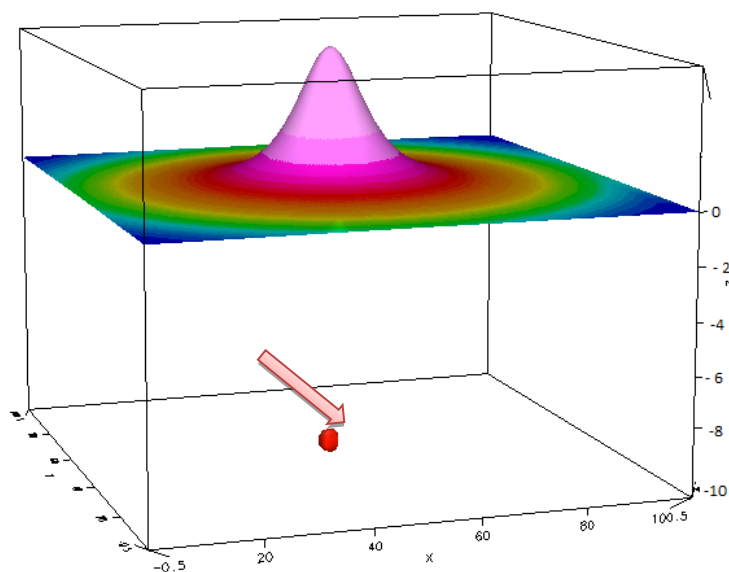


شکل (۳-۴۴) نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی کره و اعمال روش اویلر استاندارد قبل از فیلتر کردن

در ادامه با اعمال فیلترینگ روی داده‌ها، نتایج نهایی حاصل از اعمال اوپلر استاندارد حاصل شده و به صورت نقشه نمایش داده می‌شود. لازم به ذکر است که در فیلتر کردن داده‌ها، حداکثر خطای تخمین عمق برابر با ۱۰ درصد، حداکثر خطای موقعیت افقی، ۲۰ درصد، مقادیر x -offset و y -offset به اندازه‌ی نصف پهنا‌ی پنجره در نظر گرفته شد. همچنین مقادیر منفی عمق فیلتر شد.



شکل (۳-۴۵) نتایج حاصل از روش اوپلر استاندارد روی کره در عمق ۱۰ متری بعد از فیلتر کردن

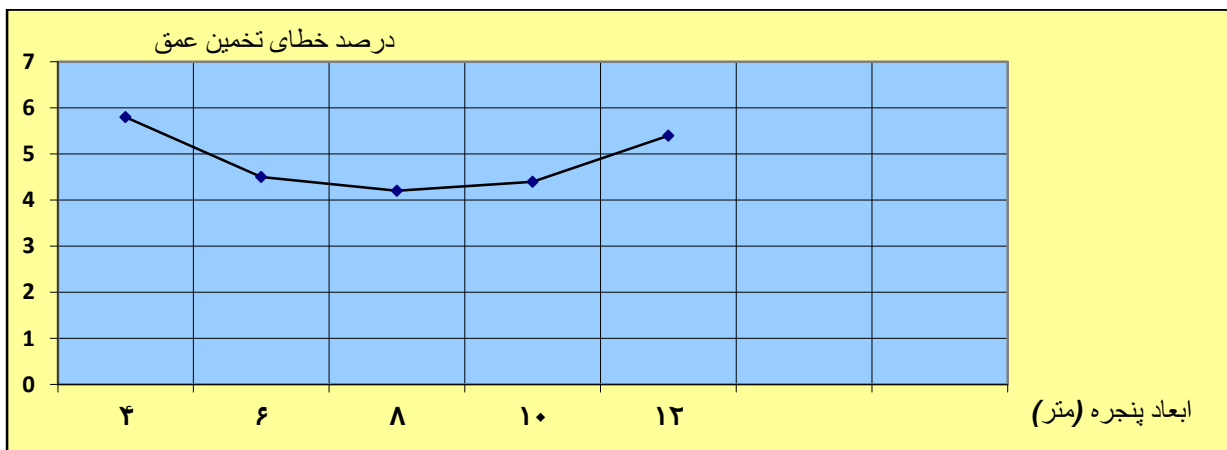


شکل (۳-۴۶) نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی کره و اعمال روش اویلر استاندارد بعد از فیلتر کردن

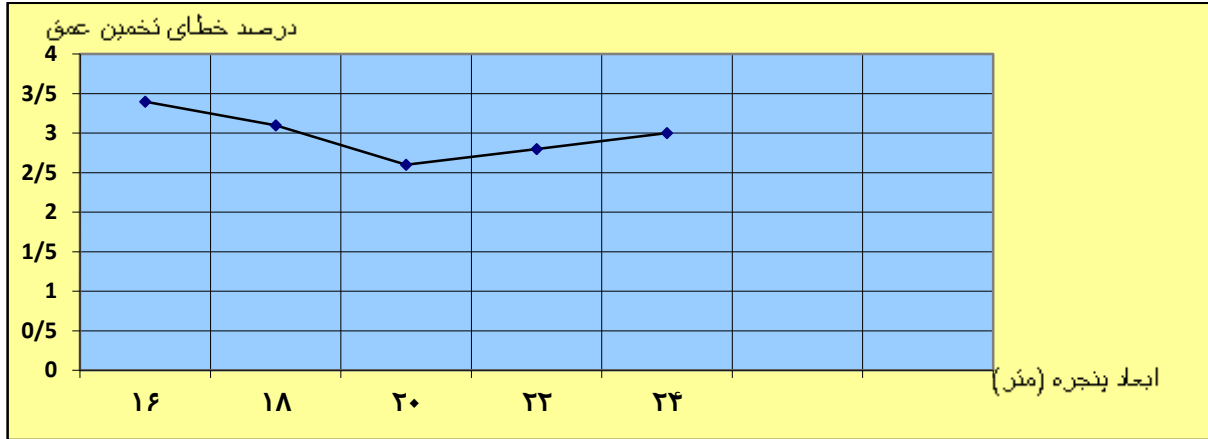
جدول (۳-۷) نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد روی کره در عمق ۱۰ متری

عمق آنومالی بعد از فیلتر کردن بر حسب متر	تعداد جواب‌ها بعد از فیلتر کردن	عمق آنومالی قبل از فیلتر کردن بر حسب متر	تعداد جواب‌ها قبل از فیلتر کردن	اندیس ساختاری (SI)	پهنای پنجره (m)
۶,۴۸	۳۵۱	۹,۷۲	۲۸۴۵	۱	۱۲×۱۲
۸,۱۵	۱۹۵	۹,۲	۲۷۰۰	۱,۵	۱۲×۱۲
۱۰,۰۲	۱۴۴	۸,۸۴	۲۵۲۵	۲	۱۲×۱۲
۱۱,۸۵	۱۲۰	۸,۷۹	۲۲۶۹	۲,۵	۱۲×۱۲
۱۳,۶۳	۱۰۰	۸,۸۸	۲۰۸۱	۳	۱۲×۱۲

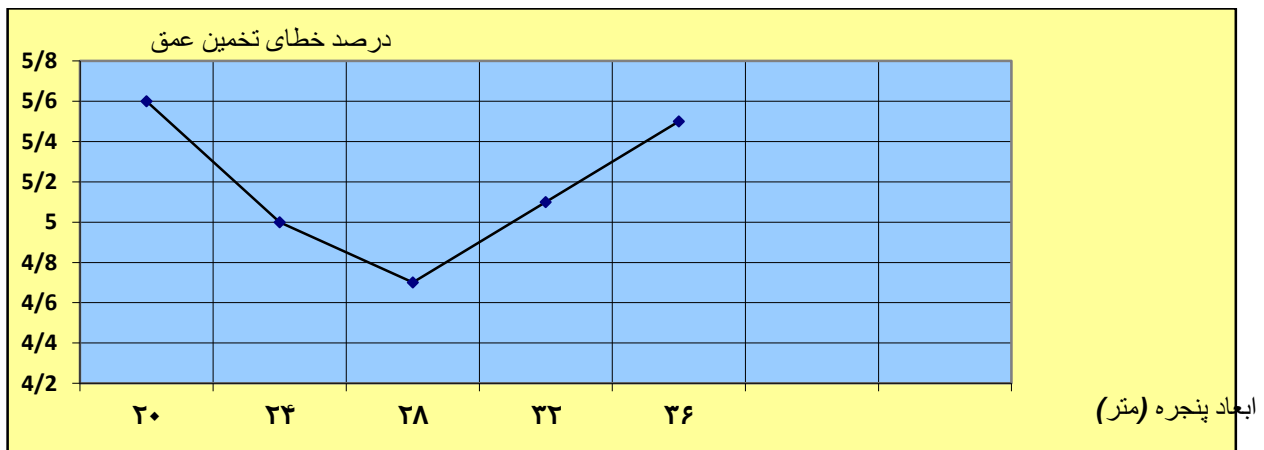
در ادامه، کره در اعماق ۵، ۲۰ و ۴۰ متری قرار داده شده و برای هر عمق با در نظر گرفتن حداقل درصد خطای تخمین عمق، پنجره مناسب برای هر عمق مشخص می‌شود. با در نظر گرفتن پنجره مناسب روش اویلر استاندارد برای هر اندیس ساختاری اعمال شده و با فیلتر کردن نتایج و با داشتن عمق آنومالی، بهترین اندیس ساختاری مشخص می‌شود. (تمام اعمال انجام شده برای کره در عمق ۱۰ متری، برای سه عمق یاد شده اعمال می‌شود).



شکل (۳-۴۷) نمودار درصد خطای تخمین عمق بر حسب پهناي پنجره مدل کره در عمق ۵ متری



شکل (۳-۴۸) نمودار درصد خطای تخمین عمق بر حسب پهناي پنجره مدل کره در عمق ۲۰ متری



شکل (۳-۴۹) نمودار درصد خطای تخمین عمق بر حسب پهناي پنجره مدل کره در عمق ۴۰ متری

با توجه به نمودارهای رسم شده، برای کره ۱۰ متری پنجره با ابعاد ۱۲×۱۲ متر، برای کره ۲۰ متری پنجره به ابعاد ۲۰×۲۰ متر، و برای کره ۴۰ متری پنجره با ابعاد ۲۸×۲۸ متر، کمترین درصد خطای تخمین عمق را دارا می‌باشند. حال با توجه به ابعاد پنجره مناسب برای اعماق مختلف و همچنین اطلاع از عمق آنومالی مورد نظر با در نظر گرفتن اندیس ساختاری‌های ۱، ۱٫۵، ۲، ۲٫۵ و ۳ اندیس ساختاری مناسب به دست آمده و نتایج در جداول زیر ارائه می‌شود

جدول (۳-۸) نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد روی کره در عمق ۵ متری

عمق آنومالی بعد از فیلتر کردن بر حسب متر	تعداد جواب‌ها بعد از فیلتر کردن	عمق آنومالی قبل از فیلتر کردن بر حسب متر	تعداد جواب‌ها قبل از فیلتر کردن	اندیس ساختاری (SI)	پهنای پنجره (m)
۳,۲۴	۱۴۴	۴,۳	۸۳۸	۱	۸×۸
۴,۵۵	۲۶۱	۴,۲۸	۷۹۴	۱,۵	۸×۸
۵,۱۱	۶۴	۴,۳۷	۶۹۲	۲	۸×۸
۶,۱۵	۵۲	۴,۴۷	۶۳۶	۲,۵	۸×۸
۷,۱۵	۳۶	۴,۹۷	۵۲۷	۳	۸×۸

جدول (۳-۹) نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد روی کره در عمق ۲۰ متری

عمق آنومالی بعد از فیلتر کردن بر حسب متر	تعداد جواب‌ها بعد از فیلتر کردن	عمق آنومالی قبل از فیلتر کردن بر حسب متر	تعداد جواب‌ها قبل از فیلتر کردن	اندیس ساختاری (SI)	پهنای پنجره (m)
۱۳,۱۴	۲۲۰	۱۵,۵۵	۱۰۳۲	۱	۲۰×۲۰
۱۶,۴۸	۱۲۸	۱۷	۱۰۵۶	۱,۵	۲۰×۲۰
۱۹,۹۹	۱۰۰	۱۸,۵۹	۱۰۴۴	۲	۲۰×۲۰
۲۳,۴۲	۸۸	۲۰,۴۵	۱۰۰۴	۲,۵	۲۰×۲۰
۲۶,۷۳	۷۲	۲۲,۳۲	۹۸۰	۳	۲۰×۲۰

جدول (۳-۱۰) نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد روی کره در عمق ۴۰ متری

پهنای پنجره (m)	اندیس ساختاری (SI)	تعداد جواب‌ها قبل از فیلتر کردن	عمق آنومالی قبل از فیلتر کردن بر حسب متر	تعداد جواب‌ها بعد از فیلتر کردن	عمق آنومالی بعد از فیلتر کردن بر حسب متر
۲۸×۲۸	۱	۳۰۵	۲۷,۳۸	۱۵۰	۲۸,۷۶
۲۸×۲۸	۱,۵	۳۰۵	۳۳,۸۳	۶۶	۳۳,۸۸
۲۸×۲۸	۲	۳۰۵	۴۰,۲۸	۵۵	۳۹,۶۱
۲۸×۲۸	۲,۵	۳۰۷	۴۶,۷	۳۶	۴۵,۶۱
۲۸×۲۸	۳	۳۰۹	۵۳,۱۸	۳۶	۵۱,۶

با توجه به مقادیر به دست آمده از اعمال روش اویلر استاندارد، این نتیجه حاصل می‌شود که برای کره ، روش اویلر جواب قابل قبولی ارائه داده و درصد خطا، خیلی پائین می‌باشد. و باید گفت که اندیس ساختاری کره در عمق‌های متفاوت مقدار ثابتی برابر با ۲ خواهد داشت. پس برای ساختارهای زمین‌شناسی که کروی در نظر گرفته می‌شوند، روش اویلر یک روش بسیار مناسب برای تخمین عمق می‌باشد.

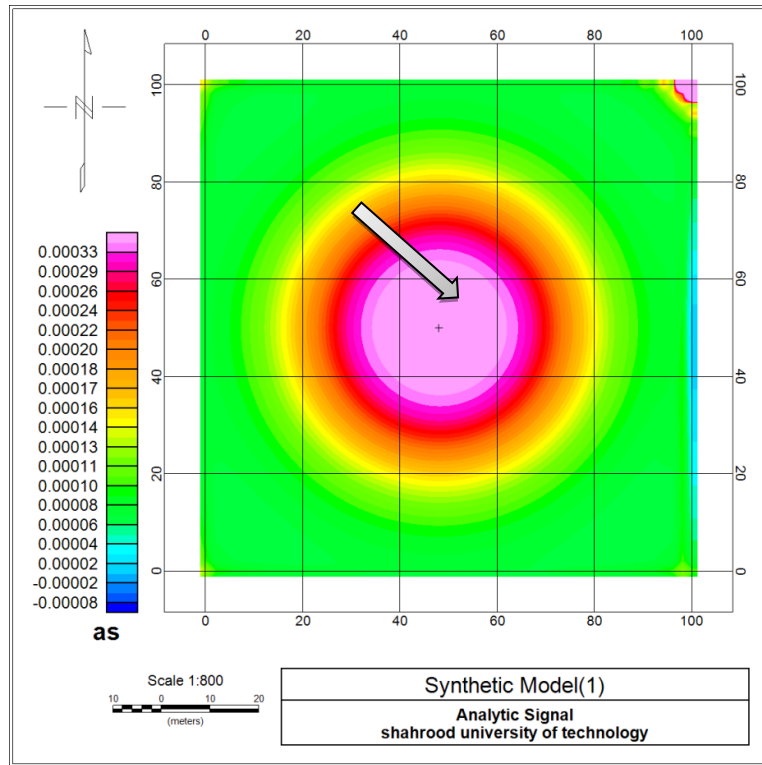
۳-۳ روش اویلر مکانی

۳-۳-۱ اعمال روش اویلر مکانی روی داده‌های مصنوعی حاصل از

مکعب

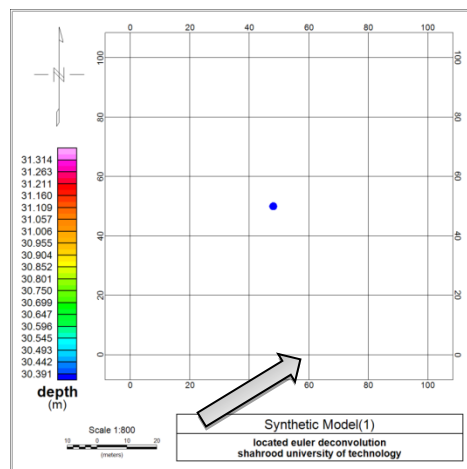
برای اعمال دیکانولوشن اویلر مکانی بر روی داده‌ها ، همانطور که در قسمت ۳-۲-۱، به طور کامل توضیح داده شد، ابتدا داده‌های آنومالی مورد نظر را به نرم‌افزار آسیس مونتاز وارد کرده سپس گرید داده‌ها و مشتقات افقی و قائم آنومالی و گرید سیگنال تحلیلی از داده‌ها تهیه می‌شود. در ادامه پربند حاصل از پیک‌های ناهنجاری تهیه می‌شود . بعد از تهیه پربند حاصل از پیک‌های ناهنجاری، روش اویلر مکانی روی داده‌ها اعمال می‌شود. لازم به ذکر است که جواب‌های حاصل از اعمال روش اویلر مکانی نیز مانند روش اویلر استاندارد نیاز به فیلتر کردن دارند که در بخش ۳-۲-۱ به طور کامل توضیح داده شد. در این بخش روش اویلر مکانی، روی مدل‌های مصنوعی که در بخش ۳-۲-۱ مورد بررسی قرار گرفت اعمال می‌شود. در ادامه، روش اویلر مکانی روی داده‌های مکعب در عمق ۵ متری

اعمال می‌شود. برای اعمال روش اویلر مکانی، ابتدا به تهیه گرید داده‌ها، مشتقات افقی و قائم و گرید سیگنال تحلیلی، و تهیه پیک‌های بی‌هنجاری پرداخته می‌شود.



شکل (۳-۵۰) پررند حاصل از سیگنال تحلیلی مدل مکعب و تعیین پیک بی‌هنجاری

با توجه به اینکه این مدل تنها یک پیک بی‌هنجاری دارد به همین دلیل نیازی به فیلتر کردن نمی‌باشد.



شکل (۳-۵۱) نتایج حاصل از اعمال روش اویلر مکانی روی مدل مکعب

جدول (۳-۱۱) نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی روی مدل مکعب در عمق ۵ متری

اندیس ساختاری (N)	تعداد جواب‌ها	تعداد جواب‌های قابل قبول	عمق تخمینی بر حسب متر
۰,۵	۱	۱	۴,۲
۰,۹	۱	۱	۵,۱
۱,۵	۱	۱	۶,۶
۲	۱	۱	۷,۷

تمام مراحل گفته شده برای مکعب در عمق ۵ متری، برای همان مکعب در اعماق ۱۰، ۱۵ و ۳۰ متری اعمال شده و نتایج حاصل از آن در زیر آمده است.

جدول (۳-۱۲) نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی روی مدل مکعب در عمق ۱۰ متری

اندیس ساختاری (N)	تعداد جواب‌ها	تعداد جواب‌های قابل قبول	عمق تخمینی بر حسب متر
۰,۵	۱	۱	۷
۱	۱	۱	۸,۸
۱,۳	۱	۱	۱۰
۱,۵	۱	۱	۱۰,۷

جدول (۳-۱۳) نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی روی مدل مکعب در عمق ۱۵ متری

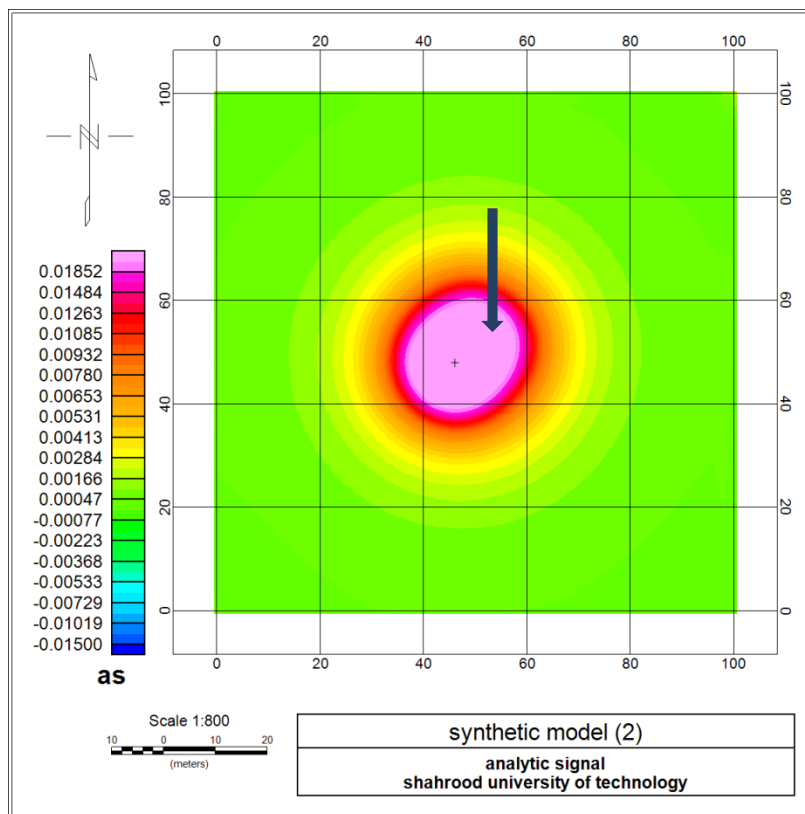
اندیس ساختاری (N)	تعداد جواب‌ها	تعداد جواب‌های قابل قبول	عمق تخمینی بر حسب متر
۱	۲	۱	۱۲,۲
۱,۳	۲	۱	۱۳,۷
۱,۶	۲	۱	۱۵,۳
۲	۲	۱	۱۷,۳

جدول (۳-۱۴) نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی روی مدل مکعب در عمق ۳۰ متری

عمق تخمینی بر حسب متر	تعداد جواب‌های قابل قبول	تعداد جواب‌ها	اندیس ساختاری (N)
۲۲,۸	۱	۱	۱
۲۶,۶	۱	۱	۱,۴
۲۹,۸	۱	۱	۱,۸
۳۲,۲	۱	۱	۲

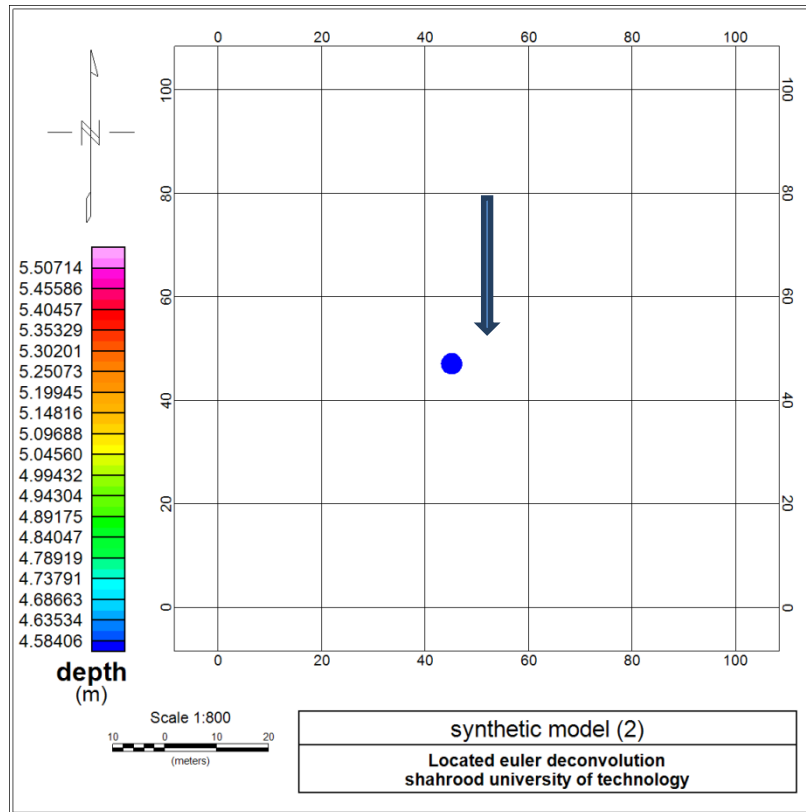
۳-۳-۲ اعمال روش اویلر مکانی روی داده‌های مصنوعی دو مکعب

برای اعمال روش اویلر مکانی، ابتدا به تهیه گرید داده‌ها، مشتقات افقی و قائم و گرید سیگنال تحلیلی، و تهیه پیک‌های بی‌هنجاری پرداخته می‌شود.



شکل (۳-۵۲) پربند حاصل از سیگنال تحلیلی مدل دو مکعب و تعیین پیک بی‌هنجاری

با توجه به اینکه این مدل تنها یک پیک بی‌هنجاری دارد به همین دلیل نیازی به فیلتر کردن نمی‌باشد. روش اویلر مکانی را اعمال کرده و نتایج حاصل از آن به نقشه درآورده می‌شود.



شکل (۳-۵۳) نتایج حاصل از اعمال روش اویلر مکانی روی مدل دو مکعب

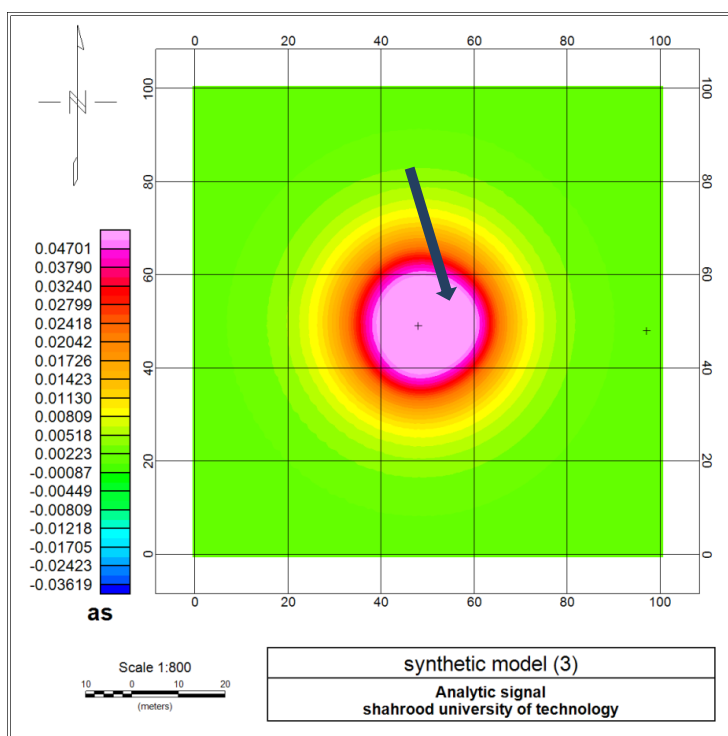
جدول (۳-۱۵) نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی روی مدل دو مکعب

عمق تخمینی بر حسب متر	تعداد جواب‌های قابل قبول	تعداد جواب‌ها	اندیس ساختاری (N)
۳,۹	۱	۱	۰,۵
۴,۵	۱	۱	۰,۸
۶	۱	۱	۱,۵
۷	۱	۱	۲

با توجه به نتیجه به دست آمده، در مقایسه با حالت یک مکعب، می‌توانیم نتیجه بگیریم که با افزودن یک مکعب در همان عمق، تغییر چندانی در اندیس ساختاری مکعب ایجاد نمی‌شود.

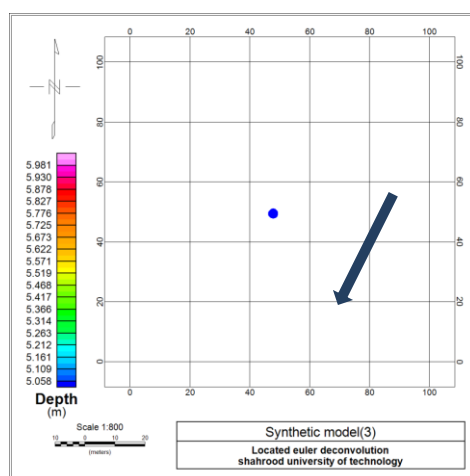
۳-۳-۳ اعمال روش اویلر مکانی روی داده‌های مصنوعی پنج مکعب

برای اعمال روش اویلر مکانی، ابتدا به تهیه گرید داده‌ها، مشتقات افقی و قائم و گرید سیگنال تحلیلی، و تهیه پیک‌های بی‌هنجاری پرداخته می‌شود.



شکل (۳-۵۴) پریند حاصل از سیگنال تحلیلی مدل پنج مکعب و تعیین پیک بی‌هنجاری

با توجه به اینکه این مدل تنها یک پیک بی‌هنجاری دارد به همین دلیل نیازی به فیلتر کردن نمی‌باشد. روش اویلر مکانی را اعمال کرده و نتایج حاصل از آن به نقشه درآورده می‌شود.



شکل (۳-۵۵) نتایج حاصل از اعمال روش اویلر مکانی روی مدل پنج مکعب

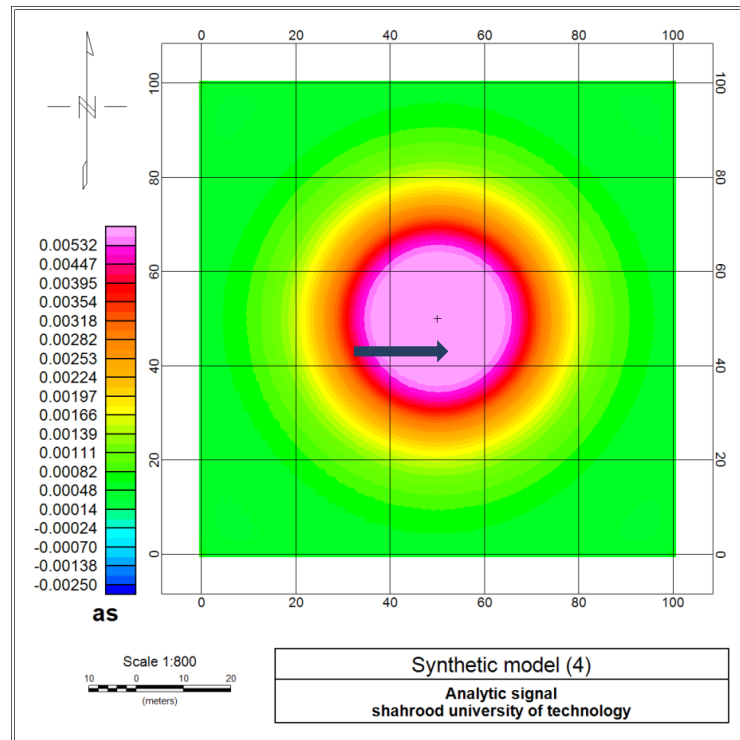
جدول (۳-۱۶) نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی روی مدل پنج مکعب

عمق تخمینی بر حسب متر	تعداد جواب‌های قابل قبول	تعداد جواب‌ها	اندیس ساختاری (N)
۴,۱	۱	۱	۰,۵
۵,۰۲	۱	۱	۰,۹
۶,۳	۱	۱	۱,۵
۷,۵	۱	۱	۲

با توجه به نتایج به دست آمده برای مدل پنج مکعب ، می توان نتیجه گرفت که با افزایش تعداد مکعب و پیچیده شدن شکل، در مقدار اندیس ساختاری تغییر چندانی ایجاد نمی شود.

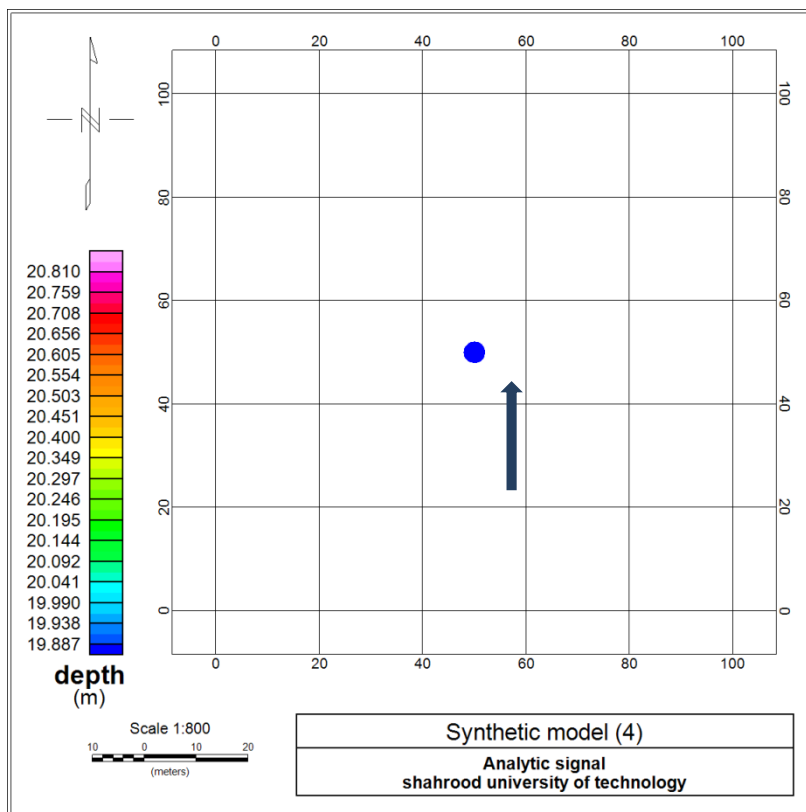
۳-۳-۴ اعمال روش اویلر مکانی روی داده‌های مصنوعی کره

ابتدا روش اویلر مکانی روی داده‌های کره در عمق ۲۰ متری اعمال می شود. برای اعمال روش اویلر مکانی، ابتدا به تهیه گرید داده‌ها، مشتقات افقی و قائم و گرید سیگنال تحلیلی، و تهیه پیک‌های بی-هنجاری پرداخته می شود.



شکل (۳-۵۶) پربند حاصل از سیگنال تحلیلی مدل کره و تهیه پیک‌های بی‌هنجاری

با توجه به اینکه این مدل تنها یک پیک بی‌هنجاری دارد به همین دلیل نیازی به فیلتر کردن نمی‌باشد. روش اویلر مکانی را اعمال کرده و نتایج حاصل از آن به نقشه درآورده می‌شود.



شکل (۳-۵۷) نتایج حاصل از اعمال روش اویلر مکانی روی مدل کره

جدول (۳-۱۷) نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی روی مدل کره در عمق ۲۰ متری

عمق تخمینی برحسب متر	تعداد جواب‌های قابل قبول	تعداد جواب‌ها	اندیس ساختاری (N)
۱۴	۱	۱	۱
۱۷	۱	۱	۱.۵
۱۹,۹۶	۱	۱	۲
۲۲,۸	۱	۱	۲.۵

در ادامه کار، تمام مراحل انجام شده روی کره در عمق ۲۰ متری، روی کره‌های دیگر که در اعماق ۵، ۱۰ و ۴۰ متری قرار دارند اعمال شده و نتایج مربوط به اعمال روش اویلر مکانی در زیر آورده شده است.

جدول (۳-۱۸) نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی روی مدل کره در عمق ۵ متری

اندیس ساختاری (N)	تعداد جواب‌ها	تعداد جواب‌های قابل قبول	عمق تخمینی بر حسب متر
۱	۱	۱	۳,۴
۱,۵	۱	۱	۴,۱
۲	۱	۱	۴,۹
۲,۵	۱	۱	۵,۷

جدول (۳-۱۹) نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی روی مدل کره در عمق ۱۰ متری

اندیس ساختاری (N)	تعداد جواب‌ها	تعداد جواب‌های قابل قبول	عمق تخمینی بر حسب متر
۱	۲	۱	۷,۱
۱,۵	۲	۱	۸,۵
۲	۲	۱	۹,۹۶
۲,۵	۲	۱	۱۱,۵

جدول (۳-۲۰) نتایج حاصل از اعمال اویلر مکانی روی مدل کره در عمق ۴۰ متری

اندیس ساختاری (N)	تعداد جواب‌ها	تعداد جواب‌های قابل قبول	عمق تخمینی بر حسب متر
۱	۱	۱	۲۸,۲
۱,۵	۱	۱	۳۳,۹
۲	۱	۱	۳۹,۶
۲,۵	۱	۱	۴۵,۳

۳-۴ جمع بندی نتایج اعمال روش اویلر روی داده‌های مصنوعی

همانطور که قبلا اشاره شد، اعمال روش اویلر به دو صورت استاندارد و مکانی صورت می‌گیرد. ابتدا روش اویلر استاندارد روی مکعب در عمق‌های مختلف صورت پذیرفت به این ترتیب که در آغاز، مکعب در عمق ۵ متری قرار داده شد و با تولید داده‌های مصنوعی توسط نرم‌افزار متلب، و با تهیه گرید داده‌ها و گرادیان‌های افقی و قائم، با اعمال روش اویلر استاندارد، پنجره مناسب برای مکعب تعیین شد. (شکل ۳-۱۰) و با در نظر گرفتن چند اندیس ساختاری برای اعمال اویلر استاندارد، در نهایت اندیس ساختاری ۰,۹، برای مکعب تعیین شد. (جدول ۳-۱) سپس مکعب در عمق‌های ۱۰، ۱۵ و ۳۰ متری قرار داده شد و با تعیین پنجره مناسب (اشکال ۳-۱۶، ۳-۱۷ و ۳-۱۸)، روش اویلر استاندارد با در نظر گرفتن چند اندیس ساختاری روی آنها اعمال شد و در نهایت اندیس ساختاری آنها به ترتیب، ۱,۳، ۱,۶ و ۱,۸ تعیین شد. (جداول ۳-۲، ۳-۳ و ۳-۴) سپس با رسم نمودار اندیس ساختاری بر حسب عمق مکعب (شکل ۳-۱۹)، این نتیجه حاصل شد که اولاً اندیس ساختاری مکعب با افزایش عمق تغییر کرده و افزایش می‌یابد و ثانياً با برون‌یابی نمودار، اندیس ساختاری مکعب به عدد ۲ میل می‌کند.

سپس بر آن شدیم تا با ثابت فرض کردن عمق مکعب و افزایش تعداد مکعب‌ها، تغییرات اندیس ساختاری مکعب را بررسی کنیم. در ادامه کار، روش اویلر استاندارد روی داده‌های دو مکعب اعمال شد. (شکل ۳-۲۰) به این ترتیب که با تعیین پنجره مناسب (شکل ۳-۲۴) د اعمال روش اویلر با چند اندیس ساختاری متفاوت، اندیس ساختاری ۰,۸ به عنوان اندیس ساختاری مناسب تعیین شد. (جدول ۳-۵) در ادامه، روش اویلر روی پنج مکعب (شکل ۳-۲۹) اعمال شد. به این ترتیب که با تعیین پنجره مناسب (شکل ۳-۳۳) و اعمال روش اویلر با چند اندیس ساختاری، عدد ۰,۸ به عنوان بهترین اندیس ساختاری تعیین شد. (جدول ۳-۶)

با توجه به اندیس ساختاری ۰,۹ برای مکعب و ۰,۸ برای دو مکعب و پنج مکعب در عمق یکسان ۵ متر، می‌توان نتیجه گرفت که اندیس ساختاری مکعب با پیچیده شدن شکل تغییر چندانی نمی‌کند. و در یک جمع‌بندی نهایی می‌توان گفت که، اندیس ساختاری مکعب تابع عمق مکعب می‌باشد و تغییر تعداد مکعب تغییر چندانی نمی‌کند.

در ادامه، روش اویلر استاندارد روی داده‌های کره در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ متری از سطح زمین اعمال شد. به این ترتیب که با تعیین پنجره مناسب برای هر یک از اعماق (اشکال ۳-۴۲، ۳-۴۷، ۳-۴۸)

۴۸، ۳-۴۹) و اعمال روش اویلر با در نظر گرفتن چند اندیس ساختاری، در همه اعماق اندیس ساختاری ۲ به عنوان اندیس ساختاری مناسب برای کره تعیین شد. (جداول ۳-۷، ۳-۸، ۳-۹ و ۳-۱۰) و نتیجه بر این شد که اندیس ساختاری کره، با تغییر عمق ثابت می‌ماند. پس می‌توان نتیجه گرفت که اندیس ساختاری کره تابع عمق نمی‌باشد.

باید خاطر نشان کرد که یکی از مهمترین قسمت‌ها در فرایند اعمال روش اویلر استاندارد، فیلتر کردن جواب‌های غیر قابل قبول است. به همین منظور از فیلتر کردن استفاده می‌شود که در قسمت ۳-۲-۱ به طور کامل و مفصل مورد بررسی قرار گرفت.

در این قسمت روش اویلر مکانی، با چند اندیس ساختاری، روی داده‌های حاصل از مکعب در عمق ۵ متری اعمال شده و اندیس ساختاری ۰,۹، برای مکعب تعیین می‌شود. (جدول ۳-۱۱) سپس مکعب را در اعماق ۱۰، ۱۵ و ۳۰ متری از سطح زمین قرار داده و با اعمال روش اویلر مکانی روی داده‌های آنها، اندیس ساختاری آنها به ترتیب ۱,۳، ۱,۶ و ۱,۸ تعیین می‌شود. (جداول ۳-۱۲، ۳-۱۳ و ۳-۱۴)

سپس روش اویلر مکانی با چند اندیس ساختاری متفاوت، روی داده‌های حاصل از دو مکعب و پنج مکعب در عمق ۵ متری از سطح زمین اعمال می‌شود و اندیس ساختاری آنها به ترتیب ۰,۸ و ۰,۹ تعیین می‌شود. (جداول ۳-۱۵ و ۳-۱۶)

در ادامه روش اویلر مکانی با چند اندیس ساختاری متفاوت بر روی داده‌های مصنوعی حاصل از کره در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ متری از سطح زمین اعمال می‌شود و اندیس ساختاری آن در همه حالتها عدد ۲ تعیین می‌شود. (جداول ۳-۱۷، ۳-۱۸، ۳-۱۹ و ۳-۲۰)

با توجه به نتایج به دست آمده از روش اویلر استاندارد و روش اویلر مکانی، می‌توان نتیجه گرفت که این دو روش برای داده‌های مصنوعی، نتایج تقریباً مشابهی ایجاد می‌کنند ولی به دلیل اینکه، در روش اویلر مکانی نیاز به انتخاب پنجره نبوده و در بیشتر مواقع نیاز به فیلتر داده‌ها نمی‌باشد، این روش ما را آسان‌تر و مطمئن‌تر به جواب نزدیک می‌کند.

فصل چهارم

اعمال روش اویلر بر روی داده‌های

میدان گرانی گنبد نمکی هامبل

۴-۱ مقدمه

۴-۱-۱ گنبد نمکی

بطور کلی برجستگیهایی که توسط نمک به علت حرکات و بالا آمدن آن ایجاد می‌گردد، گنبد نمکی نامیده می‌شود. بدیهی است اشکال خارجی تمامی گنبدهای نمکی یکسان و یک شکل نبوده و بستگی به سنگهای پوششی آن، فشار درونی و میزان آن دارد. به عبارت دیگر گنبد نمکی عبارت است از ساختمان زمین‌شناسی گنبدی شکلی که هسته آن از نمک تشکیل شده است. از نظر مکانیسم تغییر شکل، نمونه تغییر شکل پلاستیکی است. (علی ساکت، ۱۳۸۴)

۴-۱-۲ اجزای گنبدهای نمکی

هر گنبد نمکی شامل یک هسته مرکزی که از نمک تشکیل شده است و بخشی که اطراف هسته مرکزی را احاطه می‌کند و از سنگهای رسوبی محلی تشکیل شده است، می‌باشد. معمولاً از رسوبات نمکی هسته مرکزی جوانتر است. در بیشتر گنبدهای نمکی، سطح فوقانی بوسیله طبقات رسوبی پوشیده شده و تشکیل پوششی را می‌دهد که به آن پوش سنگ می‌گویند. در بعضی از گنبدهای نمکی، ضخامت پوش سنگ به چند صد متر می‌رسد و بعضی از گنبدهای نمکی نیز فاقد پوش سنگ است. مثلاً گنبد نمکی قم که در شمال ارتفاعات زنگار منطقه قم قرار دارد، فاقد پوش سنگ است. پوش سنگها معمولاً از سنگهای آهکی، ژئپس و انیدریت تشکیل می‌شود. در بعضی موارد پوش سنگ حاوی ذخایری از مواد گوگردی است. (علی ساکت، ۱۳۸۴)

۴-۱-۳ مکانیسم تشکیل گنبدهای نمکی

حرکت نمک با توجه به خاصیت شکل پذیری آن به سمت بالا به علت ضخامت قابل توجه طبقات روی آن است و این ضخامت باید به اندازه‌ای باشد که نیروی محرکه‌ای جهت جابجایی آن بوجود آید. بنابراین سرعت حرکت نمک نمی‌تواند در همه جا یکسان باشد. در این صورت با حرکت نمک به

سمت بالا قدرت و نیروی محرکه فوق کاهش پیدا کرده و با افزایش بار ، رسوبات نمک حرکت قائم خود را ادامه می‌دهد. این حرکت می‌تواند در هر سال از ۰,۱ تا یک میلیمتر باشد. (علی ساکت، ۱۳۸۴)

۴-۱-۴ نفت گیرهای گنبد نمکی

نمک در گنبدهای نمکی ، ابتدا به صورت لایه‌های رسوبی بوده‌اند که در حوضه‌های مختلف به سن پرکامبرین - کامبرین (مثلا حوضه زاگرس ایران) تادوران سنوزوئیک (حوضه زاگرس ، ایران مرکزی و رومانی) وجود داشته‌اند. وزن مخصوص نمک از دیگر سنگهای رسوبی کمتر و خاصیت شکل پذیری آن بیشتر است. چنانچه نمک در زیر طبقات ضخیم قرار گیرد، بعلت حرارت زمین گرمائی و فشار ناشی از وزن طبقات به حال نیمه سیال در می‌آید و چون وزن مخصوصش از سنگهای فوقانی کمتر است، به نقاط ضعف لایه‌های بالایی که معمولا قله تاقدیسها و یا سطوح گسلی است، نفوذ نموده و به طرف سطح زمین حرکت می‌کند. هنگامی که توده نمک به صورت ستون استوانه‌ای شکل درآمد، اختلاف فشار استاتیک در ستونی که استوانه نمک در آن قسمت قرار دارد و قسمت‌های مجاور آن بیشتر شده و به حرکت توده نمک شتاب بیشتر می‌دهد. نفتگیرهای گنبد نمکی نسبت به سایر انواع نفتگیرهای ساختمانی وضع پیچیده تری داشته و بعلت مکانیسم تشکیل آن که شکافتن طبقات فوقانی را در پی دارد، با گسل‌های متعدد همراه است. (علی ساکت، ۱۳۸۴)

۴-۱-۵ گنبد نمکی هامبل^۱

میدان نفتی گنبد نمکی هامبل، یک میدان تولید نفت در آمریکا است که در دو کیلومتری شهر هامبل در ساحل شمالی خلیج تگزاس در منطقه کانزاس آمریکا واقع شده است. سنگ مخزن این میدان نفتی که مقدار ناچیزی گاز دارد، سنگ‌های انیدریتی و آهکی سازندهای مربوط به دوره‌های ائوسن، میوسن، الیگوسن و پلیوسن است. تله‌های نفتی گنبد نمکی هامبل هم در بخش سنگ پوشش

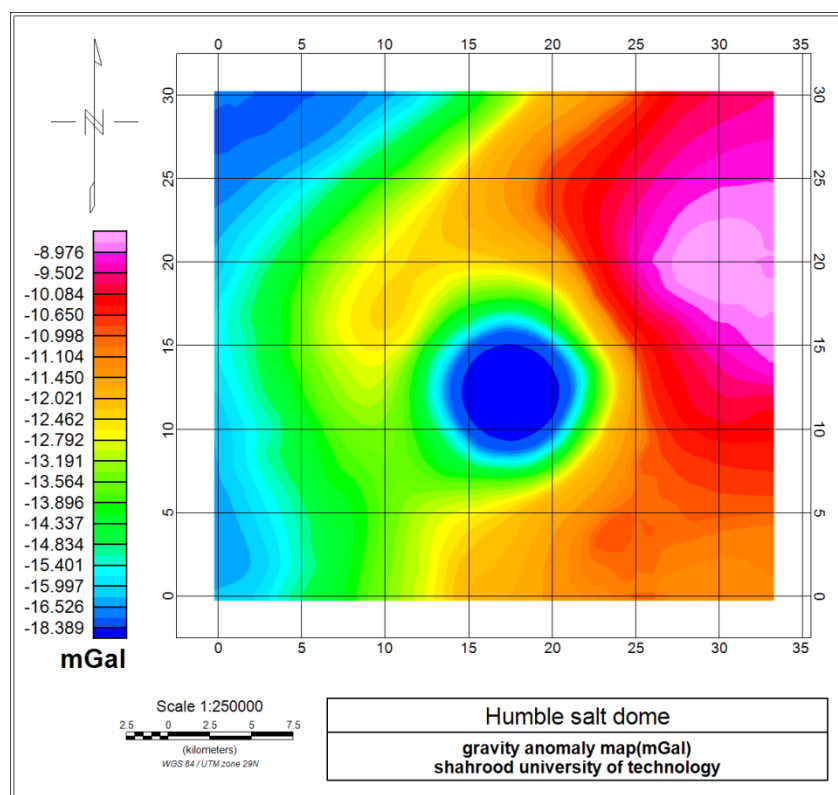
¹ Humble Salt Dome

و هم در بخش دامنه آن دیده می شود. هامبل دارای ذخیره قابل توجهی بوده که نزدیک به یک قرن از مخازن آن نفت استخراج می شود. (آقاجانی و همکاران، ۱۳۸۹)

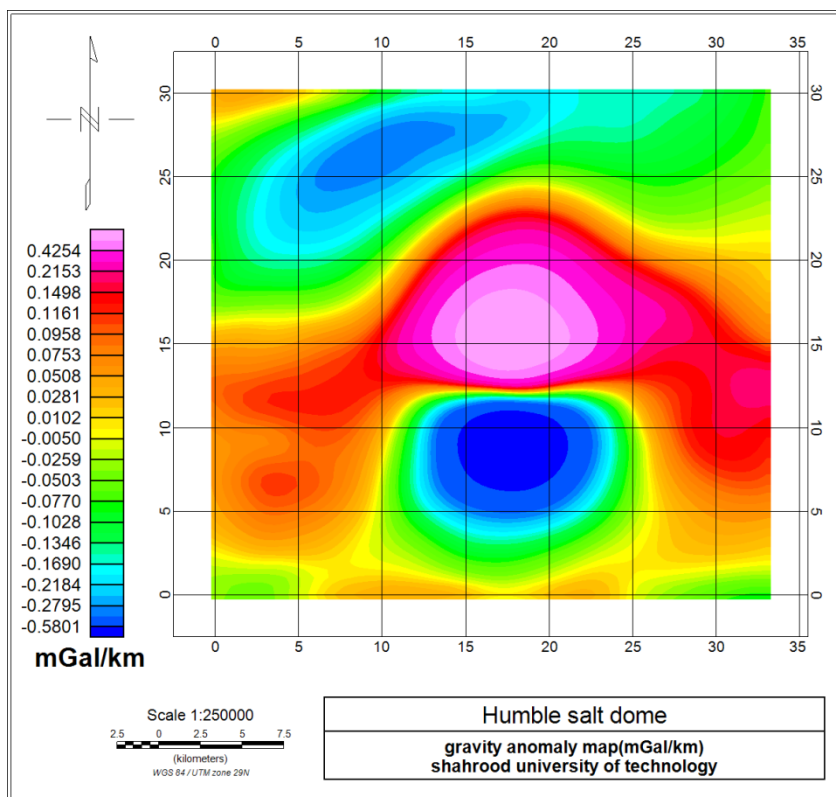
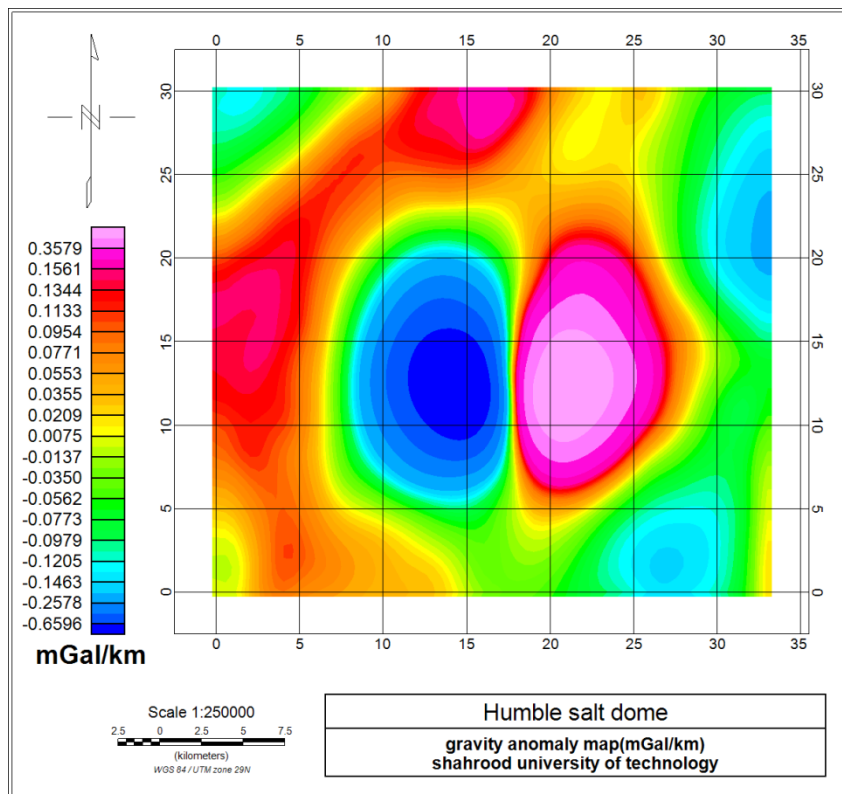
۴-۲ اعمال روش اویلر استاندارد روی داده های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل

داده های حاصل از گنبد نمکی هامبل در ۴۰۸۷ نقطه در یک شبکه ۳۳×۳۰ کیلومتر رقومی شده اند و فاصله نقاط از هم ۰٫۵ کیلومتر است.

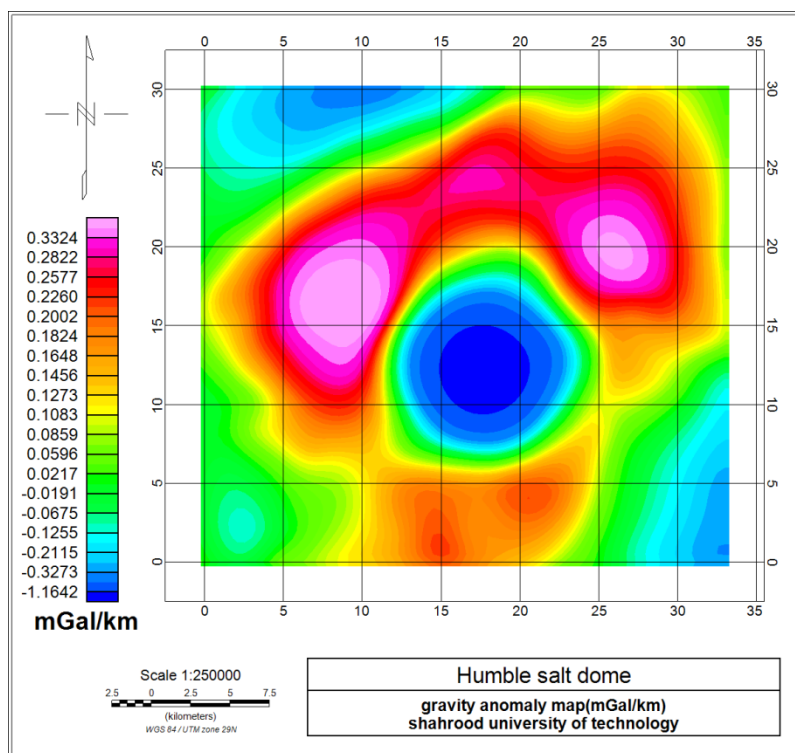
ابتدا داده های گنبد نمکی هامبل، وارد نرم افزار شده و گرید داده ها و گرادیان های افقی و قائم، ایجاد می شود



شکل (4-1) پربند حاصل از داده های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل



شکل (۴-۲) پربندهای حاصل از گرادیان‌های افقی میدان گرانی گنبد نمکی هامبل

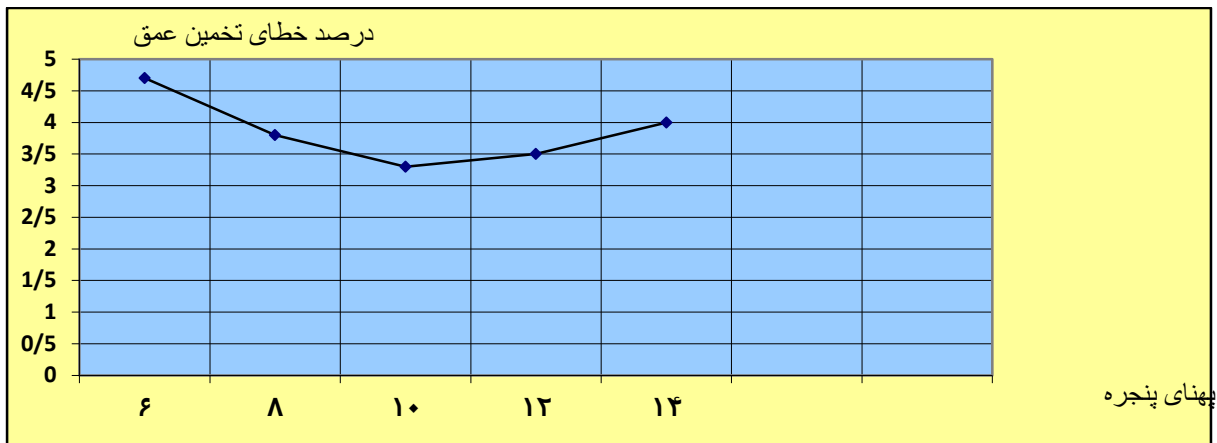


شکل (۳-۴) پربند حاصل از گرادیان قائم میدان گرانی گنبد نمکی هامبل

با انتخاب چند پنجره حداقل درصد خطای تخمین عمق را برای آنومالی مورد نظر مشخص کرده و سپس با تعیین پنجره مناسب به تخمین عمق آنومالی مورد نظر می‌پردازیم. (سلاجقه و ابراهیم زاده ، ۱۳۸۵)

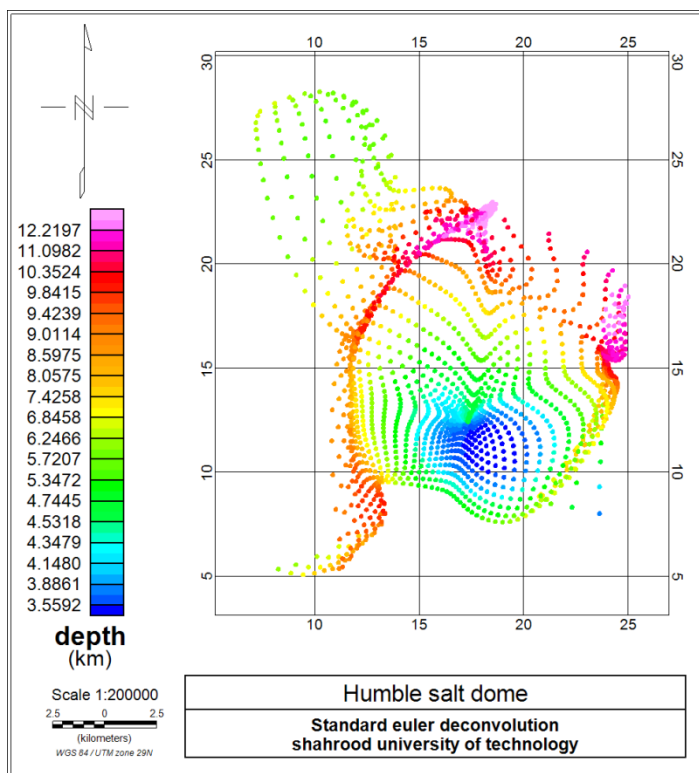
جدول (۱-۴) تعیین حداقل خطای تخمین عمق با توجه به پنجره انتخابی برای گنبد نمکی هامبل

پهنای پنجره (km)	درصد خطای تخمین عمق
۶×۶	۴٫۷
۸×۸	۳٫۸
۱۰×۱۰	۳٫۳
۱۲×۱۲	۳٫۵
۱۴×۱۴	۴

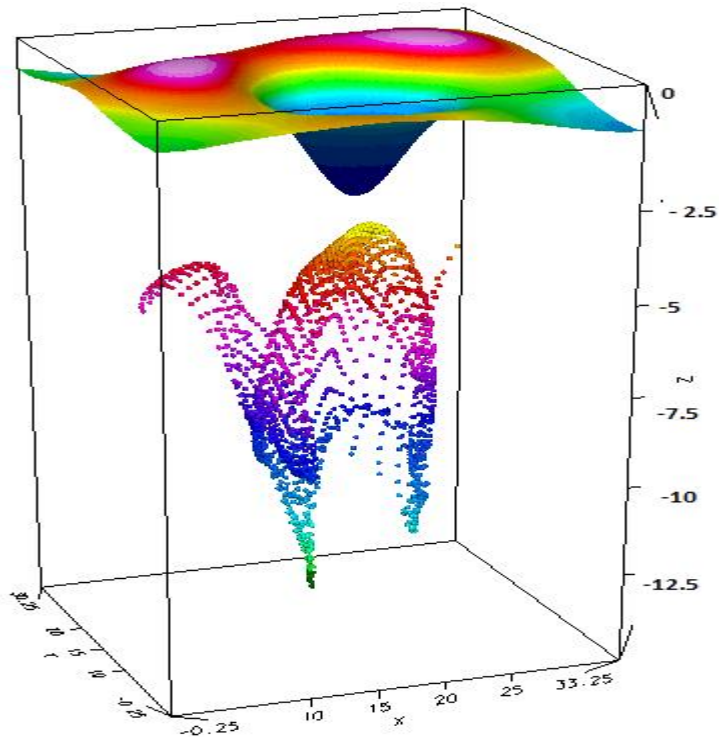


شکل (۴-۴) نمودار درصد خطای تخمین عمق بر حسب ابعاد پنجره برای گنبد نمکی هامبل

با توجه به نمودار بالا ، مناسبترین پنجره برای تعیین عمق آنومالی مورد نظر ، پنجره ۱۰×۱۰ کیلومتر می باشد. از آنجائیکه گنبد نمکی را با تخمین خوبی می توان به صورت کروی در نظر گرفت ، با انتخاب اندیس ساختاری مناسب می توان به عمق آنومالی پی برد.

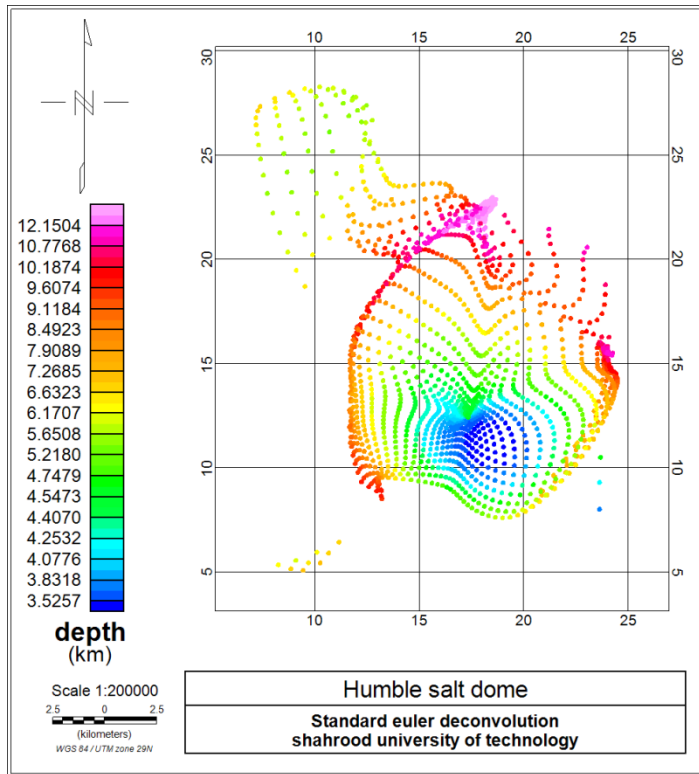


شکل (۴-۵) اعمال روش اویلر استاندارد روی داده‌های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل قبل از فیلتر کردن

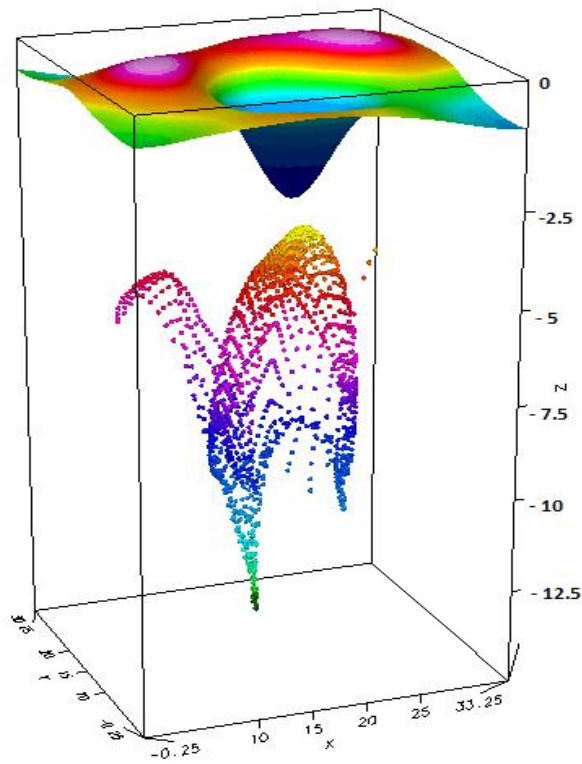


شکل (۴-۶) نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی گنبد نمکی هامبل و اعمال روش اویلر استاندارد قبل از فیلتر کردن

لازم به ذکر است که آپوارد در نظر گرفته شده برای داده‌ها، ۱٫۵ کیلومتر می‌باشد که بعد از تخمین عمق باید از مقدار آن کاسته شود و در اعمال فیلترینگ، خطای تخمین عمق (dz)، ۱۰ درصد، خطای تخمین موقعیت افقی (dxy)، ۲۰ درصد، مقادیر x-offset و y-offset، نصف پهناى پنجره در نظر گرفته شده است.



شکل (۴-۷) اعمال روش اویلر استاندارد روی داده‌های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل بعد از فیلتر کردن



شکل (۴-۸) نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی گنبد نمکی هامبل و اعمال روش اویلر استاندارد بعد از فیلتر

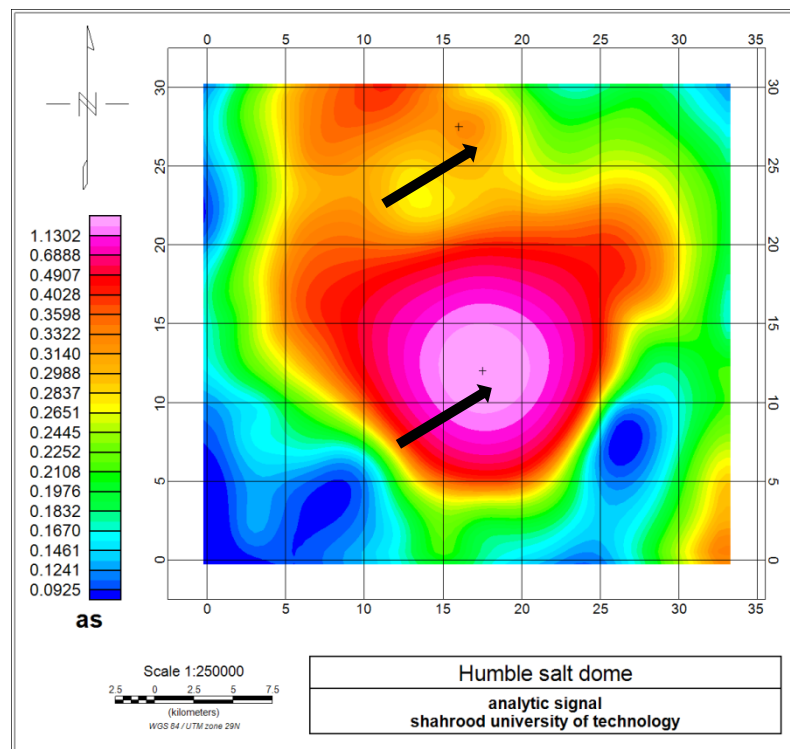
کردن

جدول (۲-۴) نتایج حاصل از اعمال روش اویلر استاندارد روی داده‌های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل

اندازه پنجره (km)	اندیس ساختاری (N)	تعداد جواب قبل از فیلتر کردن	عمق تخمینی قبل از فیلتر کردن (km)	تعداد جواب بعد از فیلتر کردن	عمق تخمینی بعد از فیلتر کردن (km)
۱۰×۱۰	۲	۲۰۱۶	۷,۳	۱۷۱۰	۶,۹

۳-۴ اعمال روش اویلر مکانی بر روی داده‌های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل

ابتدا داده‌های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل وارد نرم‌افزار شده سپس گرید داده‌ها و گرادیان‌های افقی و قائم ایجاد شده سپس گرید سیگنال تحلیلی از داده‌ها ایجاد و در نهایت پیک‌های بی‌هنجاری تعیین می‌شود.

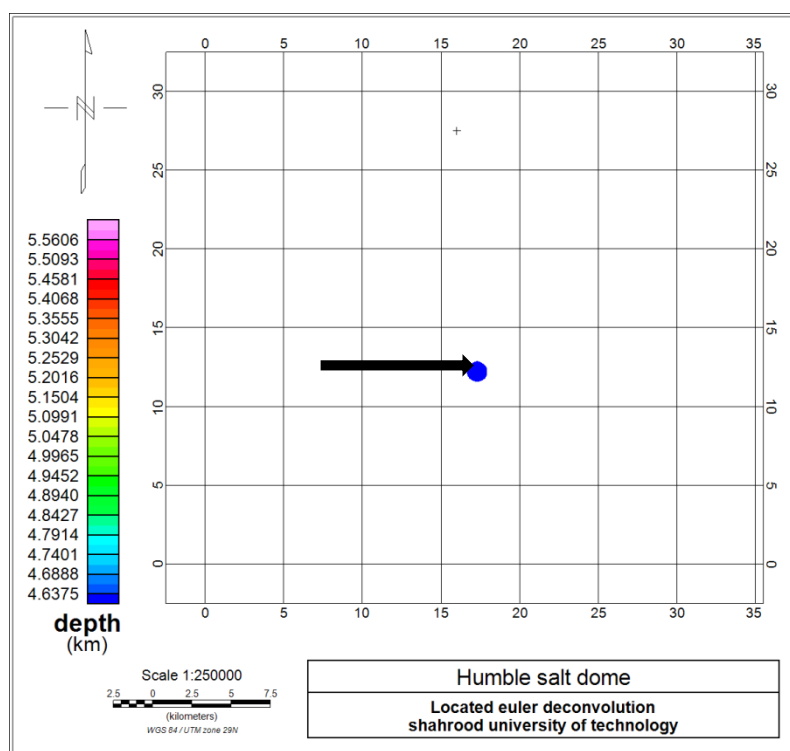


شکل (۳-۴) پربند حاصل از سیگنال تحلیلی گنبد نمکی هامبل

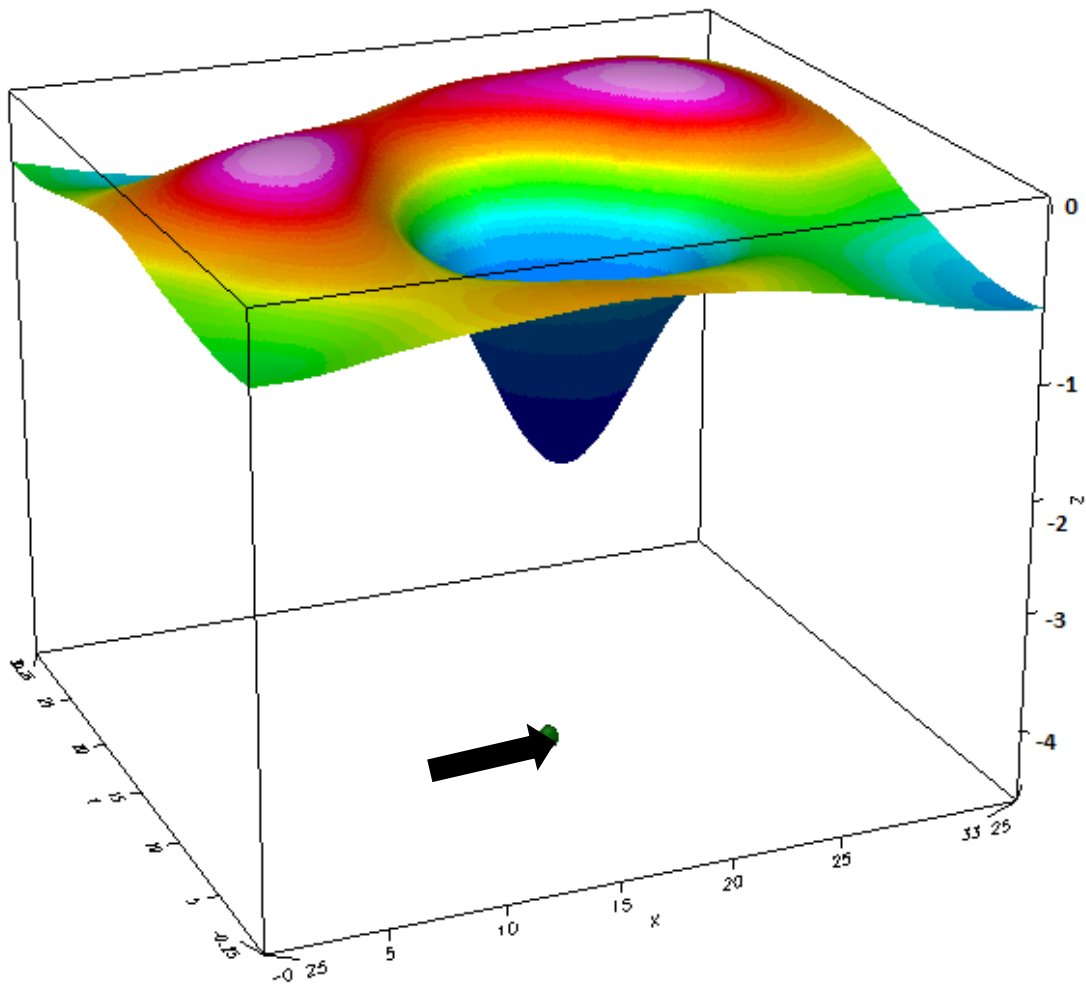
با توجه به مشخص بودن اندیس ساختاری ، روش اوپلر مکانی بر روی داده‌ها اعمال شده و نتایج حاصل از آن در جدول (۲-۴) نشان داده شده است. لازم به یادآوری است که از عمق تخمین زده شده به اندازه ارتفاعی که برای ادامه فراسو در نظر گرفته شده کاسته می‌شود.

جدول (۳-۴) نتایج حاصل از اعمال روش اوپلر مکانی روی داده‌های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل

عمق تخمینی (km)	تعداد جواب‌های قابل قبول	تعداد جواب‌ها	اندریس ساختاری (SI)
۴,۶	۱	۲	۲



شکل (4-10) اعمال روش اوپلر مکانی روی داده‌های میدان گرانی گنبد نمکی هامبل



شکل (۴-۱۱) نمای سه بعدی از شکل حاصل از آنومالی گنبد نمکی هامبل و اعمال روش اویلر مکانی

فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱ نتیجه گیری و پیشنهادات

از آنجائیکه در اکتشافات ژئوفیزیکی، تخمین عمق آنومالی مورد نظر یکی از مهم‌ترین پارامترهایی است که مورد بررسی قرار می‌گیرد، انتخاب روشی مناسب برای تخمین عمق بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

یکی از روشهای متداول و مناسب برای داده‌های میدان پتانسیل، تخمین عمق به روش اویلر می‌باشد. در این روش، با داشتن داده‌های میدان پتانسیل و انتخاب یک پنجره مناسب با توجه به کمترین میزان خطا و انتخاب اندیس ساختاری با توجه به ساختار زمین‌شناسی، در یک پروفیل یا یک شبکه می‌توان عمق آنومالی میدان پتانسیل را با درصد خطای پائینی محاسبه کرد. روش اویلر به دو صورت اویلر استاندارد و اویلر مکانی قابل انجام است. اعمال فرایند اویلر استاندارد، مستلزم آماده کردن مشتقات افقی و قائم از داده‌هاست و اعمال فرایند اویلر مکانی، مستلزم تهیه سیگنال تحلیلی از داده‌هاست.

در این تحقیق علمی، ابتدا روش اویلر برای داده‌های مصنوعی به کار رفته تا از نتایج حاصل از آن برای داده‌های واقعی استفاده شود. بعد از اعمال روش اویلر برای منشور مکعبی، دو نتیجه مهم به دست آمد که عبارتند از:

۱- اندیس ساختاری مکعب به عمق وابسته می‌باشد و با افزایش عمق به مقدار اندیس ساختاری افزوده می‌شود. و مقدار اندیس ساختاری با افزایش عمق به سمت عددی ثابت میل می‌کند که با رسم نمودار اندیس ساختاری بر حسب عمق و برون‌یابی نمودار به این نتیجه رسیدیم که این عدد ثابت، عدد ۲ می‌باشد و این موضوع را می‌توان به این صورت توضیح داد که مکعبی که در عمق زیاد قرار گیرد شبیه کره خواهد بود. همچنین می‌توانیم برای عمق‌های کم (زیر ۵ متر)، از اندیس ساختاری نزدیک به ۱ استفاده کنیم. برای عمق‌های متوسط (۵ تا ۱۵) متر از اندیس ساختاری نزدیک به ۱,۵ استفاده می‌کنیم. و برای اعماق زیاد می‌توان از اندیس ساختاری نزدیک به ۲ استفاده کرد.

۲- با در نظر گرفتن ۲ مکعب و ۵ مکعب، به این نتیجه رسیدیم که اندیس ساختاری با افزایش تعداد مکعب تغییر چندانی نمی‌کند. پس می‌توانیم نتایج حاصل از یک مکعب را به شکل‌های پیچیده که از چند مکعب تشکیل شده‌اند، تعمیم داد.

برای مدل مکعب از روش اویلر استاندارد و روش اویلر مکانی استفاده شد و نتایج هر دو روش قابل قبول و تقریباً نزدیک به هم می باشد. ولی از آنجائیکه در روش اویلر مکانی نیاز به انتخاب پنجره نیست به همین دلیل این روش ، مطمئن تر از روش اویلر استاندارد می باشد.

در ادامه کار، از مدل مصنوعی کره که دارای اندیس ساختاری مشخصی است در عمق های مختلف استفاده شد. اندیس ساختاری کره با افزایش عمق تغییری نمی کند. همچنین در روش اویلر استاندارد و کانی، در هر دو روش با دقت بسیار بالا عمق کره تعیین شد. به نظر می رسد که روش اویلر برای مدل های کروی جوابی با حداقل خطا خواهد داد.

در اعمال روش اویلر ، برای از بین بردن آنومالی های سطحی به ارتفاع ۱,۵ کیلومتر، از فیلتر ادامه فراسو استفاده شد. همچنین گنبد نمکی به شکل کروی در نظر گرفته شد. عمق تعیین شده در روش اویلر استاندارد، ۶,۹ کیلومتر و در روش اویلر مکانی ۴,۶ کیلومتر تخمین زده شد. که با توجه به اطلاعات موجود از منطقه و مقالات موجود راجع به این منطقه که از روش های گوناگون به تخمین عمق گنبد نمکی پرداخته اند (جدول ۵-۱)، می توانیم نتیجه بگیریم که روش اویلر مکانی جواب قابل قبول تری نسبت به روش اویلر استاندارد داده است. پس می توان نتیجه گرفت که برای داده های واقعی روش اویلر مکانی نتایج مطمئن تری ارائه می دهد.

لازم به ذکر است که در استفاده از روش اویلر توجه شود که تعیین اندیس ساختاری از اهمیت بسزایی در تعیین عمق آنومالی برخوردار است. و همچنین پیشنهاد می شود، برای داده های واقعی از روش اویلر مکانی استفاده شود.

جدول (۵-۱) مقایسه نتایج حاصل از روشها برای تفسیر گنبد نمکی هامبل (آقاجانی و همکاران ، ۱۳۸۸)

ژرفای مرکز کره (کیلومتر)	مدل	نویسنده مقاله	روش
۴,۹۷	کره	نتلتون (۱۹۷۶)	منحنی‌های شاخص
۴,۹۶	کره	موهان و همکاران (۱۹۸۶)	تبدیل ملین
۴,۹۸	کره	شاو و اگراوا (۱۹۹۰)	تبدیل والش
۴,۹۲	کره	عبدالرحمن و ت. م. العربی (۱۹۹۳)	کمترین مربعات
۴,۶	کره	عبدالرحمن و ت. م. العربی (۱۹۹۶)	میانگین متحرک
۳,۰۵	کره	عبدالرحمن و همکاران (۱۹۹۹)	روش عددی برآورد ژرفا
۴,۹۶	کره	عبدالرحمن و همکاران (۲۰۰۱ - الف)	کمینه‌سازی کمترین مربعات ژرفا
۴,۹۵	کره	عبدالرحمن و همکاران (۲۰۰۱ - ب)	روش برآورد ژرفا و شکل
۵,۱۵	کره	احمد سالم (۲۰۰۳)	فرمول ساده
۴,۷۳	کره	آقاجانی و همکاران (۲۰۱۰)	روش گرادیان کل بهنجار شده
۴,۸	کره	براساس روش‌های فوق	میانگین ژرفا

منابع فارسی

آقا جانی ح، مرادزاده ع، زنگ ه، (۱۳۸۸) "برآورد موقعیت افقی و ژرفای بی‌هنجاری گرانی به کمک گرادیان کل بهنجار شده" **مجله علوم زمین**، شماره ۷۶، صفحه ۱۷۶-۱۶۹.

جزائری س.س، اسکویی ب، (۱۳۹۰) "برآورد عمق بی‌هنجاری‌های مغناطیسی زمینی با استفاده از روش واهمامیخت اوپلر استاندارد در منطقه رشم استان سمنان" **مجله فیزیک زمین و فضا**، شماره ۲، دوره ۳۷، صفحه ۴۳-۳۳.

ساکت ع، پانته آ س، (۱۳۸۴) "گنبد‌های نمکی ایران" **جلد اول**، چاپ دوم، نشر افق، تهران، صفحه ۱۰-۱۸.

سلاجقه ف، ابراهیم زاده اردستانی و، (۱۳۸۵) "برآورد عمق ناهنجاری‌های گرانی به کمک معادله همگن اوپلر" **مجله فیزیک زمین و فضا**، شماره ۲، دوره ۳۲، صفحه ۸۱-۷۱.

علمدار ک، انصاری ع، (۱۳۹۰) "استفاده از معادله همگن اوپلر در تخمین عمق ناهنجاری‌های میدان پتانسیل" **نشریه علمی - پژوهشی مهندسی معدن**، شماره ۱۳، دوره ششم، صفحه ۳۳-۲۱.

نژادصفرا، ثبوتی ف، قدس ع، (۱۳۸۹) "تخمین عمق و شکل هندسی کانسار آهن ذاکر با روش وارون-سازی معادله اوپلر و تلفیق سیگنال تحلیلی و معادله اوپلر با استفاده از داده‌های مغناطیس زمینی" **چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران**، تهران.

نوروززاده س. ا، جهان تیغ م، نوروزی غ، ژولیده‌سر ف، شهرکی ن، (۱۳۹۰) "تخمین عمق کانسار آهن مروست باروش وارون‌سازی معادله اوپلر و روش اوپلر مکانی" **پانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران**، تهران.

Barbosa V.C.F., B. C. Joao and W.E. Medeiros, (1999), "Stability analysis and improvement of structural index estimation in Euler deconvolution". **Geophysics**, 64: 48-60.

Barongo J. O., (1984), "Euler's differential equation and the identification of the magnetic point-pole and point-dipole sources", **Geophysics**, 49: 1549-1553.

Blakely R. J., (1995) "**Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications**" Cambridge University Press, New York, pp.435.

FitzGerald D., A. B. Reid, and P. McInerney, (2004), "New discrimination techniques for Euler deconvolution" **Computers and Geosciences**, 30, 461-469.

Florio G., M. Fedi, and R. Pasteka, (2006), "On the application of Euler deconvolution to the analytic signal" **Geophysics**, 71, 89-93.

Hansen R.O. and L. Suci, (2002), "Multiple source Euler deconvolution", **Geophysics**, 67: 525-535.

Hartman R.R., Teskey, D.J., and Friedberg, J.L., (1971), "A system for rapid digital aeromagnetic interpretation." **Geophysics**, 36, 819-918.

Marson I. and E.E. Klingele, (1993), "Advantages of using the vertical gradient of gravity for 3-D interpretation", **Geophysics**, 58: 1588-1595.

Mushayandevu M. F., P. van Driel, A. B. Reid, and J. D. Fairhead, (1999), "Magnetic imaging using extended Euler deconvolution: 69th Annual International Meeting", **SEG**, Expanded Abstracts, 400-403.

Mushayandevu M. F., (2001), "Magnetic source parameters of two-dimensional structures using extended Euler deconvolution" **Geophysics**, 66, 814-823.

Nabighian M. N., (1972), "The analytic Signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: its properties and use for automated interpretation." **Geophysics**, 37, 507-517.

Nabighian M. N., (1984), "Toward a three-dimensional automatic interpretation of potential field data via generalized Hilbert transforms: Fundamental relations:" **Geophysics**, **49**, 780–786.

Nabighian M. N., and R. O. Hansen, (2001), "Unification of Euler and Werner deconvolution in three dimensions via the generalized Hilbert transform" **Geophysics**, **66**, 1805–1810.

Ravat D., K. Kirkham and T.G. Hildenbrand,(2002), "A source-depth separation filter. Using the Euler method on the derivatives of total intensity magnetic anomaly data", **The Leading Edge**, 21:360-365.

Reid A. B., Allsop, J. M., Granser, H., Millet, A. J. and Somerton, I. W., (1990) "Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution", **Geophysics** 55, 180-191.

Reid A. B., (1995) "Euler deconvolution: past, present and future. A review", **Abstract Society of Exploration Geophysicists**, 1995.

Spector A., and Grant F., (1970),"Statistical models for interpreting aeromagnetic data:" **Geophysics**, 35(2), 293-302.

Telford, W. M., L. P. Geldart, and R. E. Sheriff, (1988)," **Applied Geophysics**, **2nd ed**" Cambridge University Press.

Thomson D. T., (1982),"Eulph: A new technique for making computer assisted depth estimates from magnetic data", **Geophysics**, 47(1), 31-37.

Abstract

In the geophysical explorations, the potential field methods is undeniable. one of the main purposes of the interpretation of potential field data, is to determine the location and depth of the magnetic or gravity anomaly. in this thesis, the Euler method is used to estimate the depth of the gravity field anomaly. to this end, we applied this method on artificial data and with the help of the results of the gravity field data obtained by this method was applied to Humble Salt Dome.

Start by taking the appropriate Euler windows, Standard Euler method was applied to the cubic model at different depths and cube structural index was determined that increases with increasing depth, then this method was applied to the model in both the cube and five cubes and it was found that increasing the number of cubes, the Structural Index does not change. then, the Standard Euler method was applied to the spherical model at different depths and so it was that the structural index spherical model with depth, does not change and the value 2 for structural index respectively. then, the Located Euler method, on the cubic model at different depths, two cubes, five cubes and spheres were applied at different depths, and similar results were obtained with the Standard Euler method.

Considering the results of applying the Euler method on artificial data and considering the Humble Salt Dome spherical model, the Standard Euler method was applied to the data and the depth of the salt dome, 6.9 km was achieved. The Located Euler method was applied to the data location and depth of 4.6 km to the center of the salt dome was estimated.

Comparison of the results of the Standard Euler method and Located Euler method with the results where other methods have been published in various articles, the result of applying the Located Euler method close to the results of other methods in which numerous articles are published.

Keywords: Standard Euler method, Located Euler method, Euler windows, structural index, Humble Salt Dome



Shahrood University of Technology

Faculty of Mining, petrolume and geophysics engineering

Depth estimation of Gravity field data using Located Euler Deconvolution

Akbar Rahimi Yaghmerloo

Supervisor(s):

Dr.Ali Nejati Kalate

Date: February 2014