



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه نفت و ژئوفیزیک

گرایش ژئومغناطیس

پردازش و تفسیر دادههای مغناطیس سنجی در منطقه شواز واقع در استان یزد

حميد دانش

اساتيد راهنما

دکتر علی نجاتی کلاته

دكتر عليرضا عرب اميرى

تیرماه ۹۸

ب

با سپاس ازسه وجود مقدس: آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم... موهایشان سپید شد تا ماروسفید شویم... و عاشقانه سوختند تا گرمابخش وجود ما و روشنگر راهمان باشند... پدرانمان مادرانمان استادانمان

تعهد نامه

اینجانب حمید دانش دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته ژئوفیزیک - گرایش ژئومغناطیس از دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه کارشناسی ارشد تحت عنوان: پردازش و تفسیر دادههای مغناطیس سنجی در منطقه شواز واقع در استان یزد تحت راهنمایی آقایان دکتر علی نجاتی کلاته و دکتر علیرضا عربامیری متعهد می شوم.

- تحقيقات در اين پاياننامه توسط اينجانب 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 پایاننامه تأثیرگذار بودهاند در مقالات مستخرج از پایاننامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایاننامه، در مواردی که از موجود زنده (یا چینیجاهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول
 اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایاننامه، 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 افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه 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.

روش های متعددی برای پردازش و تفسیر بی هنجاری های میدان پتانسیل وجود دارد. در مبحث تخمین عمق میتوان به روشهای طیف توان و واهمامیخت اویلر اشاره کرد. یکی از موفق ترین روش های تفسیر داده های ژئوفیزیکی، برای شناسایی هرچه دقیق تر خصوصیات فیزیکی ساختارهای زمین شناسی، مدل سازی می باشد. روش واهمامیخت اویلر یک روش خود کار برای برآورد عمق، شکل و مکان منابع مغناطیسی و گرانی است، که اساس آن به کارگیری مشتق های میدان در معادله همگن اویلر هست. در به کارگیری روش واهمامیخت اویلر تعیین شاخص ساختاری و اندازه پنجره از پارامترهای بسیار مهم هستند، که به شدت جواب ها را تحت تأثیر قرار می دهند. و در روش طیف توان برای اجتناب از پیچیدگی های ریاضی مربوط به محاسبه طیف، تفسیر داده ها در حوزه فرکانس انجام می شود. اگر لگاریتم طیف توان به دست آمده از تبدیل فوریه داده های میدان پتانسیل در مقابل مقادیر عدد موج تصویر شود، فاکتور غالب در شکل طیف به دست آمده، فاکتور عمق منشأ آنومالی است و بدین ترتیب عمق آنومالی با استفاده از این نمودار قابل محاسبه است. در مدل سازی سه بعدی از الگوریتم لی اولد نبرگ استفاده و

چکیدہ

برای بررسی کارایی روشهای فوق مدلهای مصنوعی در نظر گرفته شد و پس از اعمال مقادیر نوفه، روشهای تخمین عمق اویلر ، طیف توان و مدلسازی سه بعدی روی مدلها اعمال شد تا ضمن مقایسه هریک از این روشها، پارامترهایی که جوابها را تحت تأثیر قرار میدهند نیز بررسی گردند. از آنجا که ساختار منطقه مورد مطالعه به شکل دایک است، بنابراین ۶ مدل مصنوعی به شکل دایک در دو عمق ۳۰ و ۴۰ متر در نظر گرفته شد؛ پژوهش صورت گرفته در روش اویلر نشان میدهد بهترین اندازه پنجره، دو برابر عرض آنومالی می باشد و شاخص ساختاری یک برای دایک مناسب است، همچنین روش طیف توان برای مدلهای شیبدار کارایی کمتری دارد و مقدار تخمین عمق، بیشتر از مقدار واقعی می باشد و در مدلسازی سه بعدی در حالت بدون قید نتایج قابل قبولی را ارائه میدهد. در گام بعد با استفاده از

ج

روشهای تخمین عمق اویلر ، طیف توان و مدلسازی سه بعدی عمق، مکان و هندسه کانسار آهن شواز مورد برسی قرار گرفت؛ تخمین عمق طیفتوان برای کانسار آهن شواز حدود ۲۰ متر می باشد همچنین روش اویلر یک توده شیبداری را نشان می دهد که با مدلسازی سه بعدی و گمانه های حفاری مطابقت دارد

کلمات کلیدی : مغناطیس سنجی، روش تخمین عمق، اویلر، طیف توان انرژی، وارون سازی لی اولدنبرگ، مدل مصنوعی، شواز استان یزد

عنوان	صفح
فصل اول كليات	۱
١-١-مقدمه	۲
١-٢- سابقه موضوع	۲
۱-۳- ضرورت انجام تحقيق	۴
۱–۴– اهداف	۴
۱–۵– ساختار پایان نامه	۵
فصل دوم: مبانى مغناطيس سنجى	۷
۲–۱– مقدمه	٨
۲-۲- مبانی روش مغناطیس سنجی	٨
۲–۲–۱– قطبهای مغناطیس	٨
۲-۲-۲-نیروی مغناطیسی	٩
۲-۲-۳ میدان مغناطیس	٩
۲-۲-۴ گشتاور مغناطیسی	۹
۲-۲-۵- خودپذیری مغناطیس	۱۰
۲-۲-۹ القاي مغناطيسي	۱۰
۔ ۲-۳- مغناطیس زمین	۱۰
۲-۴- میدان مغناطیسی و عوامل ایجادکننده مغناطیسی	11
۲–۵– انواع مواد مغناطیسی	۱۲
۲-۵-۱- مواد یارامغناطیس	١٢
۲-۵-۲- مواد دیامغناطیس	۱۳
۲-۵-۳- مواد فرو مغناطیس	۱۳
۲-۹- اصدار دراشت	۱۴
	۱۵

۱۵.	۲-۲-۱ تصحيح تغييرات روزانه
۱۵	۲-۷-۲ تصحيح ارتفاع
18	۲-۷-۳ تصحيح عرض جغرافيايي
۱۶.	۲–۸- پردازش دادههای میدان مغناطیسی
18	۲-۸-۱ برگردان به قطب
۱۷.	۲-۸-۲ تبدیل گسترش میدان
۱۷	الف- گسترش به سمت بالا (ادامه فراسو)
۱۷.	ب- گسترش به سمت پایین (ادامه فروسو)
۱۷.	۲-۸-۳ فیلتر روند سطحی
۱۸.	۲–۸–۴ تبدیلات مشتق
۱٩.	الف – مشتق قائم
۲۰.	ب- مشتق جهتی
۲۰.	ج-مشتق افقی
۲۰.	۲-۸-۵ سیگنال تحلیلی
51	۲-۹- روشهای کمی پردازش
۲۱.	۲–۹–۱– روش اویلر
۲۴.	الف- شاخص ساختارى
74	ب- اندازه پنجره
۲۵.	ج- عدم قطعيت
79	۲-۹-۲ روش طيف توان
۲۷.	۲–۹–۳– مقدمهای بر مدلسازی
۲٩.	فصل سوم: تهیه مدل مصنوعی، کاربرد روشهای طیف توان و اویلر و مدلسازی سهبعدی
٣٠	۱–۳ مقدمه
٣٠	٣-٢ مدل های مصنوعی
٣٠.	۳-۲-۱دایک افقی مدفون در عمق ۳۰ متر

۳١	۳-۲-۲ دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متر
۳١	۳-۲-۳ دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متر با شیب ۴۵ درجه
٣٢	۳-۲-۴ دایک افقی مدفون در عمق ۴۰ متر
٣٢	۳-۲-۵ دایک قائم مدفون در عمق ۴۰ متر
٣٣	۳–۲–۶ دایک قائم مدفون در عمق ۴۰ متر با شیب ۴۵ درجه
٣٣	۳-۳- کاربرد روش اویلر
٣٣	۳-۳-۱ دایک افقی مدفون در عمق ۳۰ متر
٣٧	۳-۳-۲ دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متر
۴.	۳-۳-۳ دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متر با شیب ۴۵ درجه
47	۳-۳-۴ دایک افقی مدفون در عمق ۴۰ متر
۴۵	۳-۳-۵ دایک قائم مدفون در عمق ۴۰ متر
۴۸	۳–۳–۶ دایک قائم مدفون در عمق ۴۰ متر با شیب ۴۵ درجه
۵۰	۳-۴ کاربرد روش طیف توان
۵۰	۳-۴-۴ دایک افقی مدفون در عمق ۳۰ متر
۵١	۳-۴-۲ دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متر
۵٢	۳-۴-۳ دایک افقی مدفون در عمق ۳۰ متر با شیب ۴۵ درجه
۵۲	۳-۴-۴ دایک افقی مدفون در عمق ۴۰ متر
۵٣	۳-۴-۵ دایک قائم مدفون در عمق ۴۰ متر
۵٣	۳-۴-۶ دایک قائم مدفون در عمق ۴۰ متر با شیب ۴۵ درجه
54	۳–۵ مدلسازی سه بعدی مدلها
54	۳-۵-۱ دایک افقی مدفون در عمق ۳۰ متر
۵۶	۳-۵-۲ دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متر
۵۷	۳–۵–۳– دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متر با شیب ۴۵ درجه
۵٨	۳-۵-۴ دایک افقی مدفون در عمق ۴۰ متر
۵۹	۳-۵-۵- دایک قائم مدفون در عمق ۴۰ متر

۶۰	۳-۵-۶- دایک قائم مدفون در عمق ۴۰ متر با شیب ۴۵ درجه
۶۱	فصل چهارم: پردازش و تفسیر دادههای منطقه مورد مطالعه
۶۲	۴-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
۶۲	۴-۲- مورفولوژی و ریختشناسی منطقه مورد مطالعه
۶۳	۴-۳- زمینشناسی محدوده مورد مطالعه
<i>99</i>	۴-۴- مشخصات میدان مغناطیسی منطقه
<i>۶۶</i>	۴-۵- شبکه برداشت و عملیات صحرایی
۶۷	۴-۶- نقشه میدان مغناطیسی کل
۶۸	۴-۷- نقشه برگردان به قطب
۷۱	۴–۸- نقشه گسترش به سمت بالا (ادامه فراسو)
٧۴	۴–۹ نقشه مشتق قائم
٧۴	۴-۱۰ نقشه مشتق جهتی
۷۵	۱۹-۴ نقشه سیگنال تحلیلی۴
٧۶	۴-۱۲ نقشه روند سطحی
Υλ	۴–۱۳ آمادەسازى دادەھا
Υλ	۴-۱۴ تخمین عمق اویلر۴
۸۲	۴-۱۵- تخمین عمق طیف توان
λ۲	۴–۱۶ مدلسازی سەبعدی
٨۵	۴-۱۷ نتایج حفاری۴
λΥ	فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهادات
٨٨	۵-۱ جمعبندی و نتیجه گیری
٨٩	۲-۵ پیشنهادات
٩٠	يوست الف
٩۶	پيوست ب
۱۰۲	منابع

اشكال	ست	فهر
0		~

١٢	سى زمين	، های میدان مغناطی	شکل ۲-۱ : مولف
۲۳		ه مربعی اویلر	شکل ۲-۲ : پنجر
٣٠	ق ۳۰ متر	، افقی مدفون در عم	شکل ۳–۱ : دایک
۳۱	. ۳۰ متر	، قائم مدفون در عمق	شکل ۳–۲ : دایک
۳۱	ی ۳۰ متر با شیب ۴۵ درجه	، قائم مدفون در عمق	شکل ۳–۳ : دایک
۳۲	. ۴۰ متر	افقی مدفون در عمق	شکل ۳–۴: دایک
۳۲	. ۴۰ متر	، قائم مدفون در عمق	شکل ۳–۵ : دایک
۳۵	۲۰متر با شیب ۴۵ درجه	، قائم مدفون در عمق	شکل ۳–۶ : دایک
۳۶	ه پنجره ۵۰ در مدل دایک افقی (عمق ۳۰ متری)	بن عمق اويلر با انداز	شکل ۳–۷ : تخمب
۳۶	پنجره ۱۰۰ در مدل دایک افقی (عمق ۳۰ متری)	ن عمق اویلر با اندازه	شکل ۳–۸: تخمی
۳۷	ه پنجره ۱۵۰ در مدل دایک افقی (عمق ۳۰ متری)	بن عمق اويلر با انداز	شکل ۳–۹ : تخم
٣٩	زه پنجره ۵۰ در مدل دایک قائم (عمق ۳۰ متری)	مین عمق اویلر با اندا	شکل ۳-۱۰ : تخ
٣٩	زه پنجره ۱۰۰ در مدل دایک قائم (عمق ۳۰ متری)	مین عمق اویلر با اندا	شکل ۳–۱۱ : تخ
۴۰	زه پنجره ۱۵۰ در مدل دایک قائم (عمق ۳۰ متری)	مين عمق اويلر با اندا	شکل ۳–۱۲ : تخ
۴۱	زه پنجره ۵۰ در مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، عمق ۳۰ متری)	مين عمق اويلر با اندا	شکل ۳–۱۳ : تخ
۴۲(ر	زه پنجره ۱۰۰ در مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، عمق ۳۰ متری).	مين عمق اويلر با اندا	شکل ۳–۱۴ : تخ
۴۲(ر	زه پنجره ۱۵۰ در مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، عمق ۳۰ متری).	مين عمق اويلر با اندا	شکل ۳–۱۵ : تخ
۴۴	زه پنجره ۵۰ در مدل دایک افقی (عمق ۴۰ متری)	مین عمق اویلر با اندا	شکل ۳–۱۶ : تخم
۴۴	زه پنجره ۱۰۰ در مدل دایک افقی (عمق ۴۰ متری)	مين عمق اويلر با اندا	شکل ۳–۱۷ : تخ
۴۵	ه پنجره ۱۵۰ در مدل دایک افقی (عمق ۴۰ متری)	ين عمق اويلر با انداز	شکل ۳–۱۸: تخم
49	زه پنجره ۵۰ در مدل دایک قائم (عمق ۴۰ متری)	مين عمق اويلر با اندا	شکل ۳–۱۹ : تخ
۴۷	زه پنجره ۱۰۰ در مدل دایک قائم (عمق ۴۰ متری)	مين عمق اويلر با اندا	شکل ۳-۲۰ : تخ
۴۷	زه پنجره ۱۵۰ در مدل دایک قائم (عمق ۴۰ متری)	مين عمق اويلر با اندا	شکل ۳–۲۱ : تخ
۴٩	ازه پنجره ۵۰ در مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، عمق ۴۰ متری)	مين عمق اويلر با اندا	شکل ۳-۲۲ : تخ

۴٩	شکل ۳-۲۳ : تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۱۰۰ در مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، عمق ۴۰ متری)
۵۰	شکل ۳-۲۴ : تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۱۵۰ در مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، عمق ۴۰ متری)
۵۱	شکل ۳-۲۵ : تخمین عمق طیف توان برای مدل دایک افقی (عمق ۳۰ متری)
۵۱	شکل ۳-۲۶ : تخمین عمق طیف توان برای مدل دایک قائم (عمق ۳۰ متری)
۵۲	شکل ۳-۲۷ : تخمین عمق طیف توان برای مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، عمق ۳۰ متری)
۵۲	شکل ۳-۲۸ : تخمین عمق طیف توان برای مدل دایک افقی (عمق ۴۰ متری)
۵۳	شکل ۳-۲۹ : تخمین عمق طیف توان برای مدل دایک قائم (عمق ۴۰ متری)
۵۳	شکل ۳-۳۰ : تخمین عمق طیف توان برای مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، عمق ۴۰ متری)
۵۵	شکل ۳-۳۱ : نمای شرقی و سه بعدی از مدل دایک افقی (واقع در عمق ۳۰ متری)
۵۵	شکل ۳-۳۲ : نمای جنوبی از مدل دایک افقی (واقع در عمق ۳۰ متری)
۵۶	شکل ۳-۳۳ : نمای غربی از مدل دایک قائم (واقع در عمق ۳۰ متری)
۵۶	شکل ۳-۳۴ : نمای جنوبی و سه بعدی از مدل دایک قائم (واقع در عمق ۳۰ متری)
۵۸	شکل ۳-۳۵ : نمای جنوبی از مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، واقع در عمق ۳۰ متری)
۵۷	شکل ۳-۳۶ : نمای شرقی و سه بعدی از مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، واقع در عمق ۳۰ متری)
۵۷	شکل ۳-۳۷ : نمای جنوبی از مدل دایک افقی (واقع در عمق ۴۰ متری)
۵۸	شکل ۳-۳۸ : نمای جنوبی و سه بعدی از مدل دایک افقی (واقع در عمق ۴۰ متری)
۵۹	شکل ۳-۳۹ : نمای غربی از مدل دایک قائم (واقع در عمق ۴۰ متری)
۵۹	شکل ۳-۴۰ : نمای غربی و سه بعدی از مدل دایک قائم (واقع در عمق ۴۰ متری)
۶۰	شکل ۳-۴۱ : نمای جنوبی از مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، واقع در عمق ۴۰ متری)
۶۰	شکل ۳-۴۲ : نمای جنوبی و سه بعدی از مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، واقع در عمق ۴۰ متری)
۶۲	شکل ۴-۱ : موقعیت محدوده اکتشافی مورد مطالعه (شواز) نسبت به شهر یزد
۶۴	شکل ۴-۲ : نقشه ماهوارهای از منطقه مورد مطالعه
۶۵	شکل ۴-۳ : نقشه زمینشناسی منطقه مورد مطالعه
۶۷	شكل ۴-۴ : نقشه شبكه نقاط برداشت مغناطیسی در منطقه مورد مطالعه
۶۸	شکل ۴–۵ : نقشه میدان مغناطیسی کل در محدوده مورد مطالعه

٧٠	شکل ۴-۶ : نمایی شماتیک از برگردان به قطب
۷۱	شکل ۴-۷ : نقشه مغناطیسی باقیمانده پس از اعمال فیلتر برگردان به قطب
۷۲	شکل ۴–۸ : فیلتر ادامه فراسوی ۱۰ متر
۷۲	شکل ۴–۹ : فیلتر ادامه فراسوی ۲۰ متر
۷۳	شکل ۴–۱۰ : فیلتر ادامه فراسوی ۴۰ متر
۷۳	شکل ۴–۱۱ : فیلتر ادامه فراسوی ۶۰ متر
۷۳	شکل ۴–۱۲ : فیلتر ادامه فراسوی ۸۰ متر
۷۳	شکل ۴–۱۳ : فیلتر ادامه فراسوی ۹۰ متر
۷۴	شكل ۴–۱۴ : نقشه مشتق قائم
۷۵	شکل ۴–۱۵ : نقشه مشتق مرتبه اول در جهت X
۷۵	شکل ۴–۱۶ : نقشه مشتق مرتبه اول در جهت ۷
٧۶	شکل ۴–۱۷ : نقشه سیگنال تحلیلی
۷۷	شکل ۴–۱۸ : نقشه حاصل از حذف روند سطحی با درجه ۱
۷۷	شکل ۴–۱۹ : نقشه حاصل از حذف روند سطحی با درجه ۲
۷۷	شکل ۴-۲۰ : نقشه حاصل از حذف روند سطحی با درجه ۳
Υ٨	شکل ۴-۲۱ : نقشه مبنا برای اعمال تخمین عمق و مدلسازی
٧٩	شکل ۴-۲۲ : تخمین عمق به روش اویلر با اندازه پنجره ۵۰
٨٠	شکل ۴-۲۳ : تخمین عمق به روش اویلر با اندازه پنجره ۱۰۰
٨٠	شکل ۴-۲۴ : تخمین عمق به روش اویلر با اندازه پنجره ۱۵۰
۸۱	شکل ۴–۲۵ : تخمین عمق به روش اویلر با اندازه پنجره ۲۰۰
۸۲	شکل ۴-۲۶ : تخمین عمق به روش طیف توان
۸۳	شکل ۴-۲۷ : نمای جنوبی و سه بعدی از مدل وارون سازی شده منطقه مورد مطالعه با تباین بیشتر از ۱۵/۰
۸۳	شکل ۴-۲۸ : نمای جنوبی و سه بعدی از مدل وارون سازی شده منطقه مورد مطالعه با تباین بیشتر از ۳/۰
٨۴	شکل ۴–۲۹ : نمای جنوبی از مدل وارون سازی شده منطقه مورد مطالعه با تباین بیشتر از ۳/۰
٨۴	شکل ۴-۳۰ : نمای جنوبی و سه بعدی از مدل وارون سازی شده منطقه مورد مطالعه با تباین بیشتر از ۵/۰

، ۴–۳۱ : نمای جنوبی و سه بعدی از مدل وارون سازی شده منطقه مورد مطالعه با تباین بیشتر از ۵/۰	شكل
٫ ۴–۳۲ : موقعیت گمانه های حفاری	شكل
، ۴–۳۳ : موقعیت گمانه های حفاری شده در محدوده مورد مطالعه به همراه عمق برخورد به ماده معدنی ۸۶	شكل
ی الف-۱ : دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری با گسترش شبکه کمتر از 2d	شكل
ی الف-۲ : تخمین عمق اویلر برای دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری با گسترش شبکه کمتر از 2d	شكل
ل الف-۳: تخمین عمق طیف توان برای دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری گسترش شبکه کمتر از 2d	شكل
، الف-۴ : نمای غربی برای دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری با گسترش شبکه کمتر از 2d	شكل
، الف-۵ : دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری با گسترش شبکه بیشتر از 2d	شكل
، الف-۶ : تخمین عمق اویلر برای دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری با گسترش شبکه بیشتر از 2d ۹۴	شكل
، الف-۷ : تخمین عمق طیف توان برای دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری با گسترش شبکه بیشتر از 2d ۹۴	شكل
ی الف-۸ : نمای غربی برای دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری با گسترش شبکه بیشتر از 2 d	شكل
ر ب−۱ : ستون چینهچینه شناسی حفاریهای شماره ۱ و ۲۹۶	شكل
ر ب−۲ : ستون چینهچینه شناسی حفاریهای شماره ۳ و ۴۹۷	شكل
ر ب−۳ : ستون چینهچینه شناسی حفاریهای شماره ۵ و ۶۹۸	شكل
, ب−۴ : ستون چینهچینه شناسی حفاریهای شماره ۷ و ۸۹۹	شكل
، ب-۵ : ستون چینهچینه شناسی حفاریهای شماره ۹ و ۱۰	شكل
، ب-۶ : ستون چینهچینه شناسی حفاریهای شماره ۱۱ و ۱۲	شکل

فهرست جداول

74	جدول ۲- ۱: شاخص ساختاری معادله اویلر برای مدل های ساده زمین شناسی
٢۶	جدول ۲- ۲: عدم قطعیتهای مورد قبول برای شاخص ساختار مختلف
فقی (عمق ۳۰متری)۳۵	جدول۳-۱: نتایج اویلر با اندازه پنجره متغیر و اندیس ساختاری یک برای مدل دایک ا
، افقی (عمق ۳۰متری)۳۵	جدول۳- ۲: نتایج اویلر با اندیس ساختاری متغیر و اندازه پنجره ثابت برای مدل دایک
قائم (عمق ۳۰متری)۳۸	جدول۳-۳ : نتایج اویلر با اندازه پنجره متغیر و اندیس ساختاری یک برای مدل دایک
قائم (عمق ۳۰متری)	جدول۳-۴: نتایج اویلر با اندیس ساختاری متغیر و اندازه پنجره ثابت برای مدل دایک
قائم (شیب۴۵ ، عمق۳۰)	جدول۳ -۵: نتایج اویلر با اندازه پنجره متغیر و اندیس ساختاری یک برای مدل دایک
قائم (شیب ۴۵ ، عمق ۳۰)۴	جدول۳- ۶: نتایج اویلر با اندیس ساختاری متغیر و اندازه پنجره ثابت برای مدل دایک
بک افقی (عمق ۴۰متری)۴	جدول۳-۷: نتایج اویلر با اندازه پنجره متغیر و اندیس ساختاری ثابت یک برای مدل دا
افقی (عمق ۴۰متری)	جدول۳–۸: نتایج اویلر با اندیس ساختاری متغیر و اندازه پنجره ثابت برای مدل دایک
ایک قائم (عمق ۴۰ متری)۴۵	جدول۳– ۹: نتایج اویلر با اندازه پنجره متغیر و اندیس ساختاری ثابت یک برای مدل د
- قائم (عمق ۴۰ متری)۴۶	جدول۳- ۱۰: نتایج اویلر با اندیس ساختاری متغیر و اندازه پنجره ثابت برای مدل دایک
، قائم (شیب۴۵ ، عمق۴۰)	جدول۳– ۱۱: نتایج اویلر با اندازه پنجره متغیر و اندیس ساختاری یک برای مدل دایک
- قائم (شیب ۴۵ ، عمق ۴۰)۴	جدول۳- ۱۲: نتایج اویلر با اندیس ساختاری متغیر و اندازه پنجره ثابت برای مدل دایک
۵۴	جدول۳- ۱۳: نتایج تخمین عمق طیف توان برای مدلها مصنوعی
۶۵	جدول ۴- ۱: خلاصه آمار دادههای برداشت شده مغناطیسی در محدوده مورد مطالعه
۶۸	جدول ۴- ۲: پارامترهای میدان مغناطیسی زمین در منطقه موردمطالعه
۷۸	جدول ۴- ۳: نتایج اعمال تخمین عمق اویلر در منطقه موردمطالعه با اندازه پنجره ۰۰

فصل اول: كليات

۱–۱– مقدمه

بعضی از سنگها، دارای کانیهای مغناطیسی هستند.سنگهای چگال نیز ، ناهنجاریهای گرانی قوی تولید می کنند. بنابراین به وسیله اندازه گیری و تفسیر میادین پتانسیل، امکان دستیابی به توزیع تودههای معدنی با ارزش و ساختمان درونی زمین فراهم میگردد. به وسیلهی روشهای مغناطیس-سنجی و گرانیسنجی در مدتزمانی کوتاه، حجم وسیعی از داده به دست میآید. تفسیر این دادهها با استفاده از روشهای دستی، کاری بسیار وقتگیر وتواّم باخطاست. نیاز به داشتن اطلاعاتی دربارهی خصوصیات فیزیکی تودههای مولد ناهنجاری، تداخل ناهنجاری مجاور و نویزها بر پیچیدگی این قبیل روشها می افزاید. از این رو تلاش برای دستیابی به روشهای تفسیر کم خطا و سریع که نیازی به دانستن خصوصیات فیزیکی چشمههای سبب شونده ناهنجاری نداشته باشند، روز به روز زیادتر می شود.در این راستاروشهای اتوماتیک اویلر ، طیفتوان و مدلسازی سه بعدی به وجود آمدهاند.

۱-۲- سابقه موضوع:

در سالهای اخیر پیشرفتهای قابل توجهی درزمینهی ساخت دستگاهها و تفسیر اندازه گیریهای روش مغناطیس سنجی که هم برای تعیین محل کانههای پنهان و هم برای تعیین ساختارهای مربوط به نهشتههای نفت و گاز به کار می رود؛ پدید آمده است. در کشور ما نیز مطالعات بسیاری بر روی کانسارهای آهن انجام شده که عمده آنها به نتایج قابل توجهی رسیدهاند. بر روی کانسارهای زیادی از قبیل کانسار سنگ آهن کوشک در بافق، معدن شکور آباد و سلمان آباد در سلطانیه زنجان مطالعات مغناطیس سنجی موفقی انجام شده است.

برخی از مطالعات مغناطیسسنجی انجام شده در داخل کشور عبارتند از:

در سال ۱۳۸۵ مرادزاده و همکاران با انجام مدلسازیهای عددی دو و سهبعدی، به تفسیر دادههای مغناطیسی ذخیره آهن اجتآباد (سمنان) پرداختند. در سال ۱۳۸۷ عابدی و همکاران کانیسازی آهن را در معدن آهن اجتآباد (شمال شرق سمنان) بررسی کردند. علمدار و همکاران در سال ۱۳۸۸ با تلفیق دو روش اویلردیکانولوشن و سیگنال تحلیلی به تخمین بهتری از شاخص ساختاری دست یافتند. در سال ۱۳۹۱ روشندل و نجاتی از روش تجزیه مد تجربی برای جداسازی آنومالی میدان پتانسیل استفاده کردند. در سال ۱۳۹۱ علمدار و همکاران با استفاده از سیگنال تحلیلی و اویلر عمق و نوع تودههای مولد بیهنجاری مغناطیسی را در معدن سنگآهن مرکزی ایران (بافق) برسی کردند. در سال ۱۳۹۴ خزائی فر و همکاران با استفاده از طیف توان تعمیمیافته مقاطع مغناطیسی را ارائه کردند که مقدار عمق حاصل از آنها بسیار نزدیک به مقادیر واقعی بود. همچنین در سال ۱۳۹۵ رضایی و همکاران با اعمال فیلتر برگردان به قطب توانستند چندین بیهنجاری مغناطیسی را در محدوده کانسار آهن اجتآباد شناسایی کنند.

برخی مطالعات مغناطیسسنجی انجام شده در سایر نقاط جهان:

کوپر^۱ در سال ۲۰۰۸ روشی را برای تخمین شاخص ساختاری در حالت دوبعدی پیشنهاد کرد. وی در سال ۲۰۰۹، روش خود را برای دادههای شبکه تعمیم داد. آیدین^۲ در سال ۲۰۰۸ با استفاده از سیگنال تحلیلی، پارامترهای موقعیت و عمق منابع مغناطیسی را در منطقه بال ترکیه تعیین کرد. لئو-سانتوس^۲ و همکاران در سال ۲۰۱۵ موفق به شناسایی مگنتیت با استفاده از انحراف میدان مغناطیسی شدند. فن[‡] و همکاران در سال ۲۰۱۴ با استفاده از روش گرانی سنجی و مغناطیس سنجی و مدل سازی معکوس به مطالعه ذخایر آهن در مناطقه انشان، چین پرداختند. وانگ[°] و همکاران در سال ۲۰۱۴ یک موفق به شناسایی مگنتیت با استفاده از انحراف میدان مغناطیسی معکوس به مطالعه ذخایر آهن در منطقه انشان، چین پرداختند. وانگ[°] و همکاران در سال ۲۰۱۴ یک رو همکاران در سال ۲۰۱۴ یک معروب به مناطیس سنجی و مغناطیس سنجی و مدل مازی معکوس به مطالعه ذخایر آهن در منطقه انشان، چین پرداختند. وانگ[°] و همکاران در سال ۲۰۱۷ یک روش کالیبراسیون را با زمان محاسباتی کمتر برای مغناطیس سنج پیشنهاد کردند. مالمیر^۲ و همکاران در سال ۲۰۱۷ یک معکوس به مطالعه ذخایر آهن در منطقه انشان، چین پرداختند. وانگ[°] و همکاران در سال ۲۰۱۷ یک معکوس به مطالعه ذخایر آهن در منطقه انشان، چین پرداختند. وانگ[°] و همکاران در سال ۲۰۱۷ یک معکوس به مطالعه ذخایر آهن در منطقه انشان، چین پرداختند. وانگ[°] و همکاران در سال ۲۰۱۷ یک معکوس به مطالعه ذخایر آهن در منطقه انشان، چین پرداختند. وانگ[°] و همکاران در سال ۲۰۱۷ یک معربی روش کالیبراسیون را با زمان محاسباتی کمتر برای مغناطیس سنج پیشنهاد کردند. مالمیر^۲ و همکاران در سال ۲۰۱۷ با استفاده از یک هواپیمای بدون سرنشین موفق به شناسایی مواد معدنی (مگنتیت و هماتیت) در سوئد شدند.

- ⁴. Fan
- ⁵.Wang

¹. Cooper

² . Aydin, I

³. Leão-Santos

⁶. Malehmir

۱–۳– اهد**اف**

تخمین عمق و ضخامت تودههای معدنی یکی از مهمترین اهداف اکتشافات است. ازاینرو روشهای متعددی در سالهای اخیر پیشنهاد شده است. در این مطالعه ابتدا روشهای تخمین عمق اویلر ، طیف توان و مدلسازی سهبعدی بر روی مدل مصنوعی اعمال شد؛ تا کارایی هر یک از روشها مشخص گردد. سپس بررسی کارایی روشهای مذکور در شناسایی آنومالیها مغناطیسی شواز هدف مطالعه می باشد.

۱-۴- ضرورت انجام تحقيق

مواد معدنی، زیربنای اقتصاد و صنعت هر جامعه را تشکیل میدهد. بشر از همان آغاز آفرینش خود و در طول تاریخ، برحسب نیازمندیها و شناخت، از مواد معدنی استفاده کرده است. اکنون نیز انسان، از مواد معدنی به حالت و شیوههای گوناگون بهرهبرداری مینماید. با توجه به نقش مواد معدنی در تأمین نیازهای اولیه صنایع مختلف، جستجوی آنها با روشهای کارآمد ضروری به نظر میرسد[۱].

هدف مغناطیس سنجی بررسی بیهنجاریها در میدان مغناطیس زمین است. این بیهنجاریها عمدتا ناشی از خواص مغناطیسی سنگهای زیر سطح زمین هستند، گرچه اکثر کانیهای تشکیل دهنده سنگها غیر مغناطیسیاند؛ اما انواع معینی از سنگها حاوی کانیهای مغناطیسی هستند؛ که می توانند بیهنجاریهای قابل توجه ایجاد کنند. علاوه بر آن، اشیای فلزی مصنوعی مدفون در زیرزمین نیز می توانند باعث ایجاد بیهنجاری شوند. بنابراین دامنه کاربرد روش ژئوفیزیکی مغناطیس سنجی بسیار گسترده است؛ به طوری که این روش در مطالعات زمین شناسی ناحیه ای برای بررسی ساختارهای زمین شناسی در نواحی وسیع، در اکتشافات میدانهای هیدرو کربوری، در پی جویی کانسارهای معدنی، در مطالعات زمین شناسی کاربرد دارد [۲]. از مزایای روش مغناطیس سنجی نسبت به روشهای دیگر: ۱- سهل الوصول بودن عملیات برداشت ، ۲- پاسخ مناسب میدان مغناطیسی به ذخایر مگنتیت و ۳-تصحیحات دادههای مغناطیس بسیار ساده و این دادهها تصحیحات کمی دارند [۲].

۱–۵– ساختار پایان نامه

این پایاننامه از پنج فصل تشکیلشده است. در فصل اول به روش مغناطیس سنجی و مطالعات انجامشده در این زمینه پرداخته شده است. فصل دوم به شرح کلیاتی در مورد اصول روش مغناطیس-سنجی، تصحیحات لازم، تئوری روشهای اویلر دیکانولوشن و طیف توان و به توضیح مختصری در مورد مدلسازی سهبعدی میپردازد. فصل سوم با در نظر گرفتن مدلهای مصنوعی دایکی شکل به بررسی کارایی هر یک از روشهای تخمین عمق اویلر ، طیف توان و مدلسازی سهبعدی میپردازد. در فصل چهارم به زمینشناسی منطقه مورد مطالعه، پردازش دادههای مغناطیسسنجی محدوده و اعمال روشهای تخمین عمق طیف توان و اویلر و مدلسازی سهبعدی پرداخته میشود و فصل پنجم

فصل دوم: مبانی مغناطیس سنجی

۲–۱– مقدمه

در اكتشافات ژئوفيزيكي روشهاي لرزهاي، گرانش، مغناطيس، الكتريكي، الكترومغناطيس، راديواكتيو و چاهنگاری کاربرد بسیاری دارند. انتخاب هرکدام از این فنها به ماهیت ماده معدنی بستگی دارد. در این میان روش گرانی سینجی برای اندازه گیری تغییرات در میدان گرانی زمین و از روش مغناطیس سنجی برای اندازه گیری تغییرات در میدان مغناطیسی زمین استفاده می شود. هر دو روش گرانی و مغناطیس از جهاتی مشابهاند. بهطور مثال تلاش هر دو روش بر این است که اختلافهای اندک در میدان نیروی بسیار بزرگ اندازه گیری شود، ولی درعین حال تفاوت هایی هم دارند؛ که سبب می شود در جاهایی که یک کانسار هم تغییرات گرانی و هم تغییرات مغناطیسی دارد، روش مغناطیسسنجی به روش گرانی سنجی ترجیح داده شود. برخی از این اختلافات عبارتند از: تغییرات چگالی در مقایسه با تغییرات خودپذیری مغناطیسی نسبتاً کوچک و یکنواخت است. دستگاههایی که برای سنجش گرانی به کاربرده می شوند، حساس تر از دستگاههای مغناطیس می باشند. دستگاههای گرانیسنجی گران تر و عملیات صحرایی آن پرخرجتر است؛ بنابراین از روش مغناطیسسنجی می توان هم به شیوه مستقیم و هم غیرمستقیم استفاده کرد. خاصیت مغناطیسی سنگها و کانیها مبنای اکتشاف مستقیم و تعیین کننده محدوده أنومالیهای مغناطیسی است و برای اکتشاف کانیهایی مانند کرومیت که کانیهای همراه آن خاصیت مغناطیسی دارند؛ از روش مغناطیسسنجی استفاده مي كنند (اكتشاف به شيوه غيرمستقيم) [٣].

۲-۲- مبانی روش مغناطیس سنجی

۲-۲-۱- قطبهای مغناطیسی

در دو انتهای هر آهنربا حوزه پتانسیل مغناطیسی وجود دارد؛ که قطبهای مغناطیسی نامیده می شود. برخلاف میدانهای الکتریکی و جاذبه، آهنربای تکقطبی وجود ندارد و آهنربا همیشه به صورت دوقطبی هست.

۲-۲-۲ نیروی مغناطیسی

نیروی ایجادشده بین دو قطب مثبت و منفی با بارهای m₁ و m₂ که به فاصله r از هم هستند، متناسب است با:

$$F = \left(\frac{m_1 m_2}{\mu r^2}\right) \tag{1-7}$$

ثابت µ، بهعنوان تراوایی مغناطیسی شناخته میشود، که مقدار آن به خواص مغناطیسی محیطی که قطبها در آن قرار دارند بستگی دارد. نیروی بین دو قطب مخالف نیروی کششی و نیروی بین دو قطب موافق نیروی دافعه است[۴].

۲-۲-۳- میدان مغناطیسی

۲-۲-۴- گشتاور مغناطیسی

از آنجایی که قطب مغناطیسی منفرد وجود ندارد، آهنرباهای واقعی به صورت یک دوقطبی مغناطیسی در نظر گرفته می شوند. یک دوقطبی شامل قدرت قطبهای یکسان p ولی مخالف هم را در نظر بگیرید، اگر قطبها به اندازه L از هم فاصله داشته باشند، طبق تعریف حاصل ضرب P.L را گشتاور مغناطیسی (M) دوقطبی می نامند. گشتاور مغناطیسی در راستای خطی است که دو قطب را به هم وصل می نماید [۴]. ۲-۲-۵- خودپذیری مغناطیسی میزان مغناطیدگی جسم را خودپذیری مغناطیسی آن مشخص میکند و به صورت زیر تعریف می شود؛ که در آن *I* شدت مغناطیسی ، *K* خودپذیری مغناطیسی و *H* میدان مغناطیسی است [۵]. *I=KH*

۲-۲-۹- القای مغناطیسی وقتی یک جسم مغناطیسی در میدان مغناطیسی H قرار گیرد؛ تحت تأثیر این میدان واقع شده و قطبهای داخلی جسم با میدان H کموبیش در یک خط قرار می گیرند و میدان 'H را به وجود میآورند. این میدان اضافی باعث افزایش میدان کل در داخل جسم میشود؛ که بهشدت مغناطیدگی میدان H بستگی دارد و اگر از میدان مغناطیسی خارج شود، اثر میدان 'H از بین میرود، به این پدیده القای مغناطیسی می گویند. طبق تعریف القای مغناطیسی، B میدان کل در داخل جسم به صورت زیر می تواند نوشته شود [۵].

 $B=H+H'=H+4\pi I \qquad (r-r)$

چنانچه این رابطه را با رابطه (۲-۲) ترکیب شود معادله زیر به دست میآید

 $B = (1 + 4\pi K)H = \mu H \tag{(f-r)}$

نسبت القای B به نیروی مغناطنده ی H را تراوایی مغناطیسی،(µ) مینامند. خودپذیری مغناطیسی نسبت القای B به نیروی مغناطنده ی H را تراوایی مغناطیسی،(µ) مینامند. خودپذیری مغناطیسی یک جسم در سیستم بینالمللی SI فاقد بعد است. زیرا B و H هر دو برحسب آمپر بر متر اندازه گیری می شوند[۵].

۲-۳- مغناطیس زمین

مغناطیس سنجی از جمله روشهایی است که منشأ آن طبیعی بوده و ناشی از تأثیرات میدان مغناطیسی زمین بر روی سنگها است. میدان مغناطیسی زمین در راستای شمالی –جنوبی در نزدیکی محور چرخش زمین قرار دارد. ۹۹٪ میدان مغناطیسی زمین منشأ داخلی دارد؛ که میدان اصلی محسوب میشود و نسبتاً بهآرامی تغییر میکند و یک درصد باقیمانده منشأ خارجی دارد و نسبتاً سریع تغییر میکند. تغییرات میدان اصلی معمولاً خیلی کوچکتر از میدان خارجی بوده و در اثر بیهنجاریهای مغناطیسی محلی در نزدیکی سطح پوسته زمین به وجود میآید. هدف ژئوفیزیک اکتشافی بررسی این تغییرات است [۶].

۲-۴- میدان مغناطیسی و عوامل ایجادکننده مغناطیسی

برای معرفی میدان مغناطیسی در هر نقطه از زمین میتوان مانند شکل (۲–۱) از یک بردار استفاده Z_{Ce} کرد؛ که پارامترهای آن عبارتند از: انحراف مغناطیسی (D) زاویه بین شمال جغرافیایی و شمال مغناطیسی، زاویه میل مغناطیسی (I) زاویه بین جهت میدان و سطح افق هست و شدت کل میدان (F) میتواند به دو مؤلفه افقی H و عمودی Z تقسیم شود به طوری که مؤلفه افقی به موازات سطح زمین و مؤلفه عمودی رو به پایین و مثبت در نظر گرفته میشود. مؤلفه افقی H میتواند به دو مؤلفه افقی به موازات سطح زمین و مؤلفه عمودی رو به پایین و مثبت در نظر گرفته میشود. مؤلفه افقی H میتواند به دو مؤلفه افقی از مین و مثله افقی از مین و مثبت در نظر گرفته میشود. مؤلفه افقی از میتواند به دو مؤلفه افقی معروزات سطح زمین و مؤلفه عمودی رو به پایین و مثبت در نظر گرفته میشود. مؤلفه افقی از میتواند به دو مؤلفه افتی از میتواند به دو مؤلفه افتی از میتواند به دو مؤلفه افتی از میتواند به دو مؤلفه افقی از میتواند به دو مؤلفه افتی از میتواند به دو مؤلفه افتی از میتواند به دو مؤلفه افتی از میتواند به دو مؤلفه افتوا از میتواند باهم در از میتواند از از میتواند از میتواند باهم در از میتوا با میتواند از از میتواند به مود. از میتواند از میتواند باهم در از میتواند از میتواند از میتواند با مولی از میتواند از میتواند باهم در از میتوا میتوا با میتواند از میتوا میتوا میتوا میتوا میتوا میتوا میتواند از میتوا میتو

$$F^{2} = H^{2} + Z^{2} = X^{2} + Y^{2} + Z^{2}$$
 (2-7)

 $Z = Fsin I \qquad \qquad H = Fcos I \qquad (9-7)$

$X = H\cos D \tan D = \frac{Y}{D}$	Y=Hsin D	(V-1)
D		, ,



شکل ۲-۱: مؤلفههای میدان مغناطیسی زمین [۷]

۲-۵- انواع مواد مغناطیسی

همه موادی که با اعمال میدان مغناطیسی، مغناطیس میشوند، مواد مغناطیسی نامیده میشوند. با توجه به چگونگی پاسخ میدان مغناطیسی، مواد مغناطیس به صورت زیر دستهبندی می شوند:

۲-۵-۱ مواد پارامغناطیس:

در این گونه مواد الکترونها بهصورت دو گروه نامساوی در خلاف جهت یکدیگر به دور هسته می چرخند. در نتیجه خاصیت مغناطیسی هر اتم یا مولکول از ماده خنثی نیست و هر اتم یا مولکول از ماده در حکم یک آهنربای بسیار ضعیف است. این میدان مغناطیسی بسیار ضعیف درنتیجه عدم تعادل گشتاور مغناطیسی الکترونهاست. هنگامی که هیچ میدان مغناطیسی وجود ندارد، این اتم یا مولکول به صورت نامنظم در ماده پراکندهاند. در نتیجه ماده فاقد خاصیت مغناطیسی است. البته در حضور میدان خارجی H دوقطبیهای حاصل از زوج الکترونها به گونه ای می چرخند که میدان مغناطیسی آنها تقریباً در جهت میدان خارجی قرار می گیرد و درنتیجه خاصیت مغناطیسی ضعیفی پیدا می کند. این خاصیت ضعیف مغناطیسی را خاصیت پارامغناطیس گویند. کانیهای پارامغناطیسی که در سنگهای طبیعی وجود دارند، عبارتند از: پیروکسنه، اولیوین، بیوتیت، آمفیبول و فلزاتی مانند پلاتین، آلومینیم، کروم و منگنز از جمله مواد پارامغناطیساند[۸].

۲-۵-۲- مواد ديامغناطيس:

در بسیاری از مواد الکترونها در دو دسته و به تعداد مساوی در جهت مخالف یکدیگر به دور هسته میچرخند. بنابراین اگر بر این گونه مواد از خارج، میدان مغناطیسی اثر نکند، آثار مغناطیسی حاصل از گردش دو گروه الکترون اثر یکدیگر را خنثی میکنند. در نتیجه ماده فاقد خاصیت مغناطیسی است. هرگاه چنین موادی در یک میدان مغناطیسی قرار گیرند، در مدارهای الکترونها آشفتگی پدید میآید. این آشفتگی سبب میشود که خاصیت مغناطیسی ضعیفی درون ماده ظاهر شود؛ که به آن خاصیت دیامغناطیس گویند. معمول ترین مواد دیامغناطیس شامل تمام کانیهای غیرفلزی مانند گرافیت، ژیپس، کوارتز و کلسیت است. بسیاری از فلزات مانند بیسموت، طلا، مس، جیوه و سرب از جمله مواد دیامغناطیس هستند[۸].

۲-۵-۳- مواد فرو مغناطیس:

در این گونه مواد، اتمهای پارامغناطیس به طور انفرادی عمل نمی کنند، بلکه تعدادی از آنها که وضع مشترک دارند، به هم پیوسته و گروه کوچکی را به وجود می آورند. هر گروه بخش کوچکی از ماده را به خود اختصاص می دهند. همه اتمهای موجود در یک بخش که در واقع دوقطبیهای کوچکی هستند، طوری به خط می شوند که هر بخش را به صورت یک دوقطبی یا مغناطیس کوچک در می آورند. هر یک از این بخش ها را حوزه مغناطیسی می نامند. در مواد فرومغناطیس، در حالتی که خاصیت مغناطیسی نداشته باشند، محورهای گشتاورهای مغناطیسی حوزه ها به طور نامنظم در جهات مخالف قرار می گیرند و اثر یکدیگر را خنثی می کنند. هرچند هنگامی که ماده در یک میدان مغناطیسی قرار گیرد، اتمهای موجود در برخی از این حوزه ها طوری می چرخند که راستای مغناطیسی آن ها تقریباً در راستای میدان خارجی قرار می گیرد. اگر میدان مغناطیسی به اندازه کافی قوی باشد، محورهای مغناطیسی تمام حوزهها در امتداد میدان قرار می گیرند. در این حالت ماده بیشترین خاصیت مغناطیسی خود را پیدا می کند یا در اصطلاح از خاصیت مغناطیسی اشباع می شود [۸].

۲-۶- اصول برداشت

اولین قدم در طراحی یک برداشت ژئوفیزیکی، جمع آوری اطلاعات مربوط به سابقه مطالعات انجام شده و تمام داده های ژئوفیزیکی موجود در رابطه با هدف موردنظر است. اطلاعات جانبی نظیر نحوه دسترسی به منطقه، فاصله تا ساختمان های موجود، خطوط راه آهن، جاده ها، تأسیسات الکتریکی، توپو گرافی و همچنین موقعیت لوله ها، کابل ها و تأسیسات بشری باید در تهیه شوند. مهم تر از موارد مذکور، دسترسی به نقشه ها، مقاطع و یا سایر اطلاعات مربوط به منطقه است [۹]. در برداشت داده های مغناطیس از اساسی ترین پارامتر های انجام عملیات صحرایی، این است که مساله به خوبی تعریف شود. برای این منظور چهار پرسش اساسی وجود دارد که باید به خوبی پاسخ داده شوند. این پرسش ها عبارت اند از:

۱-عمق هدف چقدر است؟ ۲-هندسه هدف چگونه است؟ ۳-مشخصات مغناطیسی هدف چگونه
 ۱-عمق هدف میزبان چیست؟

در اکثر موارد، یک شبکه گسترده برای شناسایی اولیه منطقه و تعیین نواحی بی هنجار، انتخاب می شود. در صورت اثبات چنین بی هنجاری هایی توسط ارزیابی های ابتدایی، مناطق موردنظر باید با یک شبکه متراکم تر، مجدداً برداشت شوند. این مساله، باعث کاهش قابل توجه هزینه ها می شود.

دو راه برای برداشت دادهها وجود دارد: پروفیل زنی و تهیه نقشه. در پروفیل زنی یک مقطع عرضی بر روی زمین اندازه گیری می شود و در تهیه نقشه یک شبکه بر روی زمین پیاده و برداشت می شود. پروفیل ها عمود بر توده موردنظر انتخاب می شود؛ و اگر توده پنهان باشد، می توان ساختارهای زمین شناسی را مورد بررسی قرار داد و امتداد خطوط برداشت را عمود بر آن ها انتخاب نمود. فاصله ایستگاهها نیز به گونهای انتخاب می شود که بتوان به تعداد کافی از نهشته یا بی هنجاری موردنظر اثر ثبت نمود؛ در غیر این صورت ممکن است تفسیر دادهها به کلی خدشهدار شوند[۹].

۲-۷- تصحیحات دادههای مغناطیسی

برای از بین بردن نوفهها ، لازم است تصحیحاتی بر روی دادهها برداشت انجام شود؛ که شامل تصحیحات روزانه، تصحیح عرض جغرافیایی و ارتفاع است.

- ۲-۷-۱- تصحیح تغییرات روزانه تغییرات کوتاهمدت میدان مغناطیسی خارجی اغلب باعث تغییراتی در حدود چند نانو تسلا در شدت میدان اصلی میشود. بنابراین لازم است تا دادههای صحرایی نسبت به این تغییرات تصحیح شوند. بهترین راه برای ثبت تغییرات روزانه قرار دادن یک دستگاه مغناطیسسنج در یک محل بدون اغتشاش در داخل محدودهی اکتشاف و ثبت مداوم (برای مثال هر ۱۰ ثانیه) شدت میدان کل است. با استفاده از مقادیر ثبتشده میتوان میدان مغناطیسی متغیر با زمان را از دادههای اندازه گیری شده، حذف نمود [۱۰].
 - ۲-۷-۲ تصحيح ارتفاع

با توجه به تغییرات ناچیز شدت میدان مغناطیسی نسبت به ارتفاع، معمولاً دادههای مغناطیسی به سبب اختلاف ارتفاع ایستگاههای برداشت تصحیح نمی شوند. به عنوان مثال تغییرات میدان مغناطیسی زمین بر اساس ارتفاع در قطب برابر ۰/۰۳ نانو تسلا بر متر و در استوا ۰/۰۱۵ نانو تسلا بر متر است. بنابراین یک تغییر ارتفاع ۱۰۰ متر به ترتیب باعث تغییر ۳ نانو تسلا میدان در قطب و ۱/۵ نانو تسلا میدان در استوا می شود. در نتیجه تغییر ارتفاع در مطالعات مغناطیسی به راحتی قابل صرف نظر کردن است [۱۰]. ۲-۷-۳- تصحیح عرض جغرافیایی میدان مغناطیسی زمین از ۲۵۰۰۰ نانو تسلا در استوا تا ۶۹۰۰۰ نانو تسلا در قطبها تغییر می کند. بنابراین تغییرات میدان زمین بر حسب عرض جغرافیایی به ویژه زمانی که منطقه مورد مطالعه گسترش زیادی دارد (مطالعات هوابرد) قابل توجه خواهد بود. بهترین روش برای تصحیح عرض جغرافیایی استفاده از دادههای *IGRF*¹ در ناحیه برداشت مغناطیسی است. این گونه دادهها از منابع مختلفی قابل دسترس هستند. همه نرمافزارهایی که تفسیر دادههای مغناطیسی را انجام می دهند، دارای گزینه *IGRF* هستند؛ که با وارد کردن طول و عرض جغرافیایی منطقه برداشت می توان شدت میدان، زاویه میل و زاویه انحراف بردار مغناطیسی را تعیین کرد [۱۰].

۲-۸- پردازش دادههای میدان مغناطیسی
۲-۸- برگردان به قطب

اولین تصحیح در پردازش دادههای مغناطیسی، انتقال دادهها به قطب شـمال مغناطیسی (9⁹ = 1) است. این تصحیح که برگردان به قطب نامیده می شـود، اثر زاویه انحراف و میل میدان مغناطیسی زمین را حذف می کند. در واقع این فیلتر برای ساده کردن تفسیر، بدنه مغناطیسی را به قطب شمال مغناطیسی انتقال می دهد. با روش برگردان به قطب به دلیل انتقال محل بی هنجاری به قطب منال مغناطیسی، جایی که میدان مغناطیسی زمین به حالت قائم در می آید، اثر موقعیت جغرافیائی محل برداشت یعنی زاویه های میل و انحراف حاذف می شـود. این پردازش، محل بی هنجاری مغناطیسی نسبت به محل کانی سازی را تصحیح می کند و در واقع بی هنجاری مغناطیسی در بالای محل کانسار قرار می گیرد [۱۱].

¹.International Geomagnetic Refrence Field

۲-۸-۲- تبدیل گسترش میدان
الف- گسترش به سمت بالا (ادامه فراسو)
یکی دیگر از روشهای جدایش بیهنجاریهای ناحیهای از محلی روش گسترش روبه بالا است. این روش بیهنجاریهای فرکانس بالا را فیلتر میکند و همچنین نوفه مربوط به ویژگیهای سطحی را کاهش میدهد

$$P(x,y, -z) = -\int_0^\infty \frac{\bar{p}(r)zrdr}{(r^2 + z^2)^{3/2}}$$
 (A-7)

در این روش دادههای مغناطیسی اندازه گیری شده بهوسیله رابطه (۸–۲) از سطح برداشت دادهها بر روی سطوح ترازی بالاتر از سطح برداشت تصویر می شوند؛ که با فرض مثبت بودن Z به طرف پایین بهوسیله پارامتر P(x,y-z) نشان می دهند. به طور کلی فرآیند گسترش میدان به سمت بالا، باعث تضعیف آنومالی با منشأهایی سطحی در مقابل آنومالی های عمیق تر می شود. به همین دلیل گاهی از این فرآیند به عنوان یک فیلتر پایین گذر یاد می کنند. میزان تأثیری که این تبدیل روی آنومالی ها می گذارد، به صورت معکوس با طول موج آنومالی متناسب است؛ بدین معنا که هرچه طول موج کوچک تر باشد، تضعیف بیشتر خواهد شد و برعکس [۱۲].

ب- گسترش به سمت پایین (ادامه فروسو)

در فرآیند گسترش میدان به سمت پایین، میدان مغناطیسی روی سطح جدیدی که زیر سطح مشاهدهای واقعشده محاسبه می گردد. برعکس فیلتر گسترش میدان به سمت بالا باعث تضعیف آنومالی با منشأ عمیقتر نسبت به آنومالیهای سطحی می شود. در دادههای واقعی وجود نوفه مؤلفهی عدد موج بالا را در سیگنال اصلی تولید می کند. این مؤلفهها شبیه چشمههای مغناطیسی کم عمق رفتار می کنند و به طور نمایی با ادامه فروسو تقویت شده و باعث ناپایداری این فیلتر می شوند [۱۲].

۲-۸-۳- فیلتر روند سطحی
آنومالیهای یک برداشت مغناطیسی حاصل جمع آنومالی ناحیهای و آنومالی باقیمانده است. آنومالی
ناحیهای ناشی از ساختارهای بزرگمقیاس و آنومالی باقیمانده ناشی از ساختارهای کوچکمقیاس

هستند. بسته به هدف و مقیاس برداشت مغناطیسی از آنومالیهای ناحیهای و یا باقیمانده استفاده می شود درنتیجه جدا کردن آنومالیهای باقیمانده و ناحیهای امری ضروری است. یکی از مهم ترین روش های جداسازی آنومالیها روش روند سطحی است. در این روش بر دادههای برداشت شده سطحی عبور داده می شود؛ که پیچیدگی ریاضی سطح مورد نظر به روند حاکم بر دادهها بستگی دارد. در حالت کلی معادله سطح مذکور برای حالت دوبعدی به صورت زیر است [۱۳].

$$T(x,y) = A_{00} + A_{10}x + A_{01}y + A_{11}xy + A_{20}x^2 + A_{02}y^2 + A_{21}x^2y + \dots + A_{mn}x^my^n$$
(9-7)

که در آن T(x,y) مقدار آنومالی ناحیهای، A_{IJ} ضرایب سطح مذکور، x و y مختصات نقاط مشاهدهای دادهها هستند. پس از عبور دادن سطح مزبور بر دادههای برداشت شده مقدار آنومالی باقیمانده به صورت رابطه (۲–۱۰) محاسبه می شود

$$Ri = Gi - Ti \tag{1.-1}$$

که در آن G_i دادههای مشاهدهای، T_i پاسخ سطح مزبور به عنوان اثر ناحیه ی و R_i نماینده آنومالی باقی مانده است. درجه روند سطحی به پیچیدگی زمین شناسی ناحیه ای بستگی دارد. از درجه روند سطحی بیشتر برای همپوشانی بین مقادیر سطح مذبور و مقادیر دادههای مشاهده ای در شرایط پیچیده تر زمین شناسی استفاده می شود [۱۳].

۲–۸–۴– تبدیلات مشتق

مشتق گیری، فیلتری بالا گذر است که سبب تضعیف فرکانسهای پایین و تقویت فرکانسهای بالا می شود. بنابراین استفاده از فیلتر مشتق گیری سبب تقویت بی هنجاری سطحی و تضعیف بی هنجاری عمیق خواهد شد. از آنجا که نوفه ها دارای فرکانس بسیار بالا، در داده های میدان پتانسیل هستند؛ استفاده از فیلتر مشتق گیری سبب تقویت شدید نوفه ها می شود و کاهش نسبت سیگنال به نوفه را به دنبال خواهد داشت؛ بنابراین باید قبل از به کار بردن این فیلتر نوفه ها را از بین برد [۱۴]. افزایش مرتبه مشتق گیری سبب تضعیف چشمههای عمیق تر می شود. مشتقهای مرسوم شامل مشتقهای مرتبه اول و دوم میدان هستند؛ که هر کدام کارایی خاصی دارند. مشتق مرتبه اول میدان، تغییرات میدان پتانسیل یا شیب آن را نشان می دهد. مشتق مرتبه دوم میدان، مشخصه مناسبی برای تعیین موقعیت بی هنجاری های کوچک و کم عمق است. فیلترهای مشتق شامل موارد آتی است،

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\delta^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\delta^2 \varphi}{\partial z^2} = 0 \longrightarrow \frac{\delta^2 \varphi}{\delta z^2} = -\left(\frac{\delta^2 \varphi}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 \varphi}{\delta y^2}\right)$$
(1)-7)

هنگامی که دادهها در یک سطح افقی برداشت شده باشند، می توان تابع لاپلاس را به حوزه فوریه منتقل کرد و سپس مشتق قائم مرتبه n دادههای میدان پتانسیل را به دست آورد. n می تواند هر مقدار حقیقی را اختیار کند

$$f\left[\left(\frac{\delta^{n}\varphi}{\delta x^{n}}\right)\right] = |K|^{n} f[\varphi] \tag{17-7}$$

. در این رابطه،
$$k=rac{2\pi}{\lambda}$$
 است و λ طول موج و f بیانگر تبدیل فوریه است

مشتق قائم عرض بی هنجاری ها را باریک تر و موقعیت بی هنجاری ها را با دقت بیشتری مشخص می کند. در این روش کمینه مقدار مشتق قائم روی مرزهای توده قرار می گیرد؛ که افزایش مرتبه مشتق قائم ناهنجاری ها برجسته تر می شوند [۱۴]. -مشتق جهتی در این فیلتر مشتق دادههای میدان پتانسیل نسبت به جهات x و y گرفته می شود و جهت z در آن استفاده نمی شود. بنابراین فیلتر مشتق جهتی، پدیدهها و عوارض خطی که امتداد آن ها عمود بر جهت محاسبه مشتق است، برجسته می کند [۱۵]

ج-مشتق افقی این فیلتر همانند مشتق قائم و مشتق جهتی برای تفسیر بی هنجاری های میدان پتانسیل استفاده می شود. مشتق افقی داده ها درست در بالای لبه های توده بی هنجاری، بیشینه است؛ بنابراین این فیلتر لبه ها را بر جسته می کند [10]

۲–۸–۵– سیگنال تحلیلی

نبیقیان ^۱ در سال ۱۹۷۴ مفهوم سیگنال تحلیلی را برای تفسیرهای مغناطیسی ارائه کرد. او نشان داد که بزرگی آن بر روی گوشههای یک جسم دوبعدی با مقطع چندضلعی از یک تابع زنگی شکل پیروی می کند. برای یک گوشه منفرد، بیشینه منحنی زنگی شکل درست بر روی گوشه قرار می گیرد و پهنای منحنی در مقدار نصف بیشینه معادل با دو برابر عمق تا گوشه است. تشخیص این پارامترها مستقل از جهت مغناطیسی شدن است. نقاط افقی به خوبی با این روش قابل شناسایی هستند، ولی تشخیص عمق با این روش تنها برای اجسام چندوجهی معتبر است. روست ^۲و دیگران از گرادیان مغناطیسی کل استفاده کردند و آن را سیگنال تحلیلی سهبعدی نامیدند. از این روش برای تخمین تقریبی مکان کنتاکت های مغناطیسی و به دست آوردن عمق از دادههای شبکهبندی شده استفاده شد. در حالت دوبعدی در کنتاکتهای برجسته، نتایج آنها به شدت وابسته به جهت مغناطیسی شدن کل است. سیگنال تحلیلی از جذر مربع مشتقات در سه جهت به دست میآید[۱۶]. برای تفسیر

¹.Nabiqian

².Rost
سیگنال تحلیلی در تفسیر بیهنجاریهای مغناطیسی، مستقل بودن شکل دامنه سیگنال تحلیلی از پارامترهای جهتدار مانند جهت مغناطیدگی و شیب منشأ مغناطیسی است. دامنه سیگنال تحلیلی یک تابع متقارن زنگی شکل است؛ که بیشینه آن دقیقاً بالای گوشه بیهنجاری قرارگرفته و پهنای منحنی در مقدار نصف ماکزیمم معادل با دو برابر عمق تا گوشه است[۱۷].

۲-۹- روشهای کمی پردازش

۲–۹–۱– روش اویلر

یکی از روشهای سریع برای تفسیر دادمهای میدان پتانسیل روش اوبلر دیکانولوشن است؛ که بهراحتی میتواند تخمین صحیحی از عمق بیهنجاری موردنظر ارائه دهد. اساس این روش بر مبنای معادلات دیفرانسیل جزئی اوبلر بنا شده است، که با معرفی کمیتی به نام شاخص ساختاری میتوان موقعیت تودمها را به کمک اندازه گیری میدان پتانسیل روی یک پروفیل (حالت دوبعدی) یا نقشه (حالت سهبعدی) بهوسیله تقسیم آنها به پنجرمهای اندازه گیری متوالی به دست آورد. از مزیتهای این روش مغناطیس شدگی توده نیاز نداره، در هر موقعیت عرض جغرافیایی کاربرد دارد، به آگاهی از پارامترهای مغناطیس شدگی توده نیاز ندارد، در اثبات اینرو از هیچ مدل خاص زمین شناسی استفاده نمی شود؛ اشاره کرد. روش مذکور جز روشهای توده وابسته است. بدین معنی که روش تخمین عمق زمانی عمق درستی نشان میدهد، که شاخص ساختاری مناسب با شکل توده انتخاب گردد و انتخاب شاخص ساختاری مستلزم آگاهی داشتن از توده زیرسطحی است. در صورت عدم توجه دقیق در انتخاب شاخص ساختاری تخمین عمق بهدرستی صورت نمی گیرد؛ به طوری که هرچه شاخص ساختاری بزرگ تر انتخاب شود، میزان عمق تخمینی بیشتر است و انتخاب شاخص ساختاری کوچک تر باعث

روش تخمین عمق اویلر اولین بار توسط هود (۱۹۶۳) ارائه شد. تامپسون (۱۹۸۲) و رید (۱۹۹۰) از این روش به ترتیب در حالت دو و سهبعدی، استفاده نمودند. در سال ۱۹۹۱ کلینگل و همکاران نخستین بار این روش را برای دادههای گرانی به کاربردند. در سال ۲۰۰۱ ماشایاندبو و همکاران با حذف شاخص ساختاری از معادلهی اویلر دیکانولوشن، روش مذکور را بسط داده و آن را اویلر دیکانولوشن تعمیمیافته نام نهادند. هانسن (۲۰۰۲) روش اویلر را برای تعداد چشمههای بیشتر درآنواحد تعمیم داد. علمدار وهمکاران (۱۳۸۸) با استفاده از تلفیق دو روش اویلردیکانولوشن و سیگنال تحلیلی به تخمین بهتری از شاخص ساختاری دست یافتند.

تابع *f(v)* که تابعی از متغیرهای *(...., v2, v3,) است*، تابع همگن از درجه n است؛ هرگاه داشته باشیم:

$$f(tv) = t^n f(v)$$
 ($1 r - t$)
 t یک عدد حقیقی است. اگر تابع f نسبت به v مشتق پذیر باشد، آنگاه رابطه زیر را معادله اویلر
مینامند:

$$f(tx,ty,tz) = t^n f(x,y,z)$$
(1.0-17)

$$x\frac{\delta f(x,y,z)}{\delta x} + y\frac{\delta f(x,y,z)}{\delta y} + z\frac{\delta f(x,y,z)}{\delta z} = nf(x,y,z)$$
(19-17)

اثر گرانی یا مغناطیسی اشکال مختلف هندسی را میتوان بهصورت کلی زیر نوشت

$$f = \frac{a}{r^N} \rightarrow F = ar^N \equiv ar^n \Longrightarrow n = -N \tag{1}$$

در این رابطه a مقدار ثابت، r فاصله توده تا نقطه اندازه گیری و f دادههای میدان پتانسیل گرانی و مغناطیس است. طبق رابطه (اخری)، میدانهای گرانی و مغناطیس تابعی همگن از درجه N– هستند؛

که با توجه به شرایط هندسی چشمهی پتانسیل، میتوان N را تغییر داد. تامپسون (۱۹۸۲) نشان داد که معادله اویلر را برای دادههای میدان یتانسیل میتوان بهصورت زیر نوشت

$$x_0 \frac{\delta f}{\delta x} + y_0 \frac{\delta f}{\delta y} + z_0 \frac{\delta f}{\delta z} + NB = x \frac{\delta f}{\delta x} + y \frac{\delta f}{\delta y} + z \frac{\delta f}{\delta z} + Nf$$
 (1A-7)

در این رابطه (Xo, Yo, Zo) موقعیت چشمهی پتانسیل و (X, Y, Z) موقعیت نقطه اندازه گیری، B مقدار میدان ناحیهای که به یارامتر متعادل کننده معروف است و N شاخص ساختاری که به هندسه توده بستگی دارد و بیانگر نرخ میرایی میدان پتانسیل نسبت به فاصله است.

برای به دست آوردن چهار مجهول B و z_0 و y_0 و x_0 ، ابتدا یک پنجره با پهنای مناسب انتخاب می شود. این پنجره روی دادههای دوبعدی و یا سهبعدی به حرکت در می آید [۱۹] شکل (۲-۲). در هر پنجره، معادله اویلر با استفاده از دادههای درون پنجره حل میشود. اگر فرض شود در هر پنجره n داده وجود دارد، می توان رابطه (۲–۱۸) را در هر ینجره به صورت رابطه (۲–۱۹) نوشت [۲۰] ؛

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial \Delta T_{I}}{\partial x} & \frac{\partial \Delta T_{I}}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_{I}}{\partial z} \\ \frac{\partial \Delta T_{2}}{\partial x} & \frac{\partial \Delta T_{2}}{\partial y} & \frac{\partial \Delta T_{2}}{\partial z} \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{i} - x_{0} \\ y_{i} - y_{0} \\ z_{i} - z_{0} \end{bmatrix} = -N \begin{bmatrix} \Delta T_{I} \\ \Delta T_{2} \\ \vdots \end{bmatrix}$$
(19-7)



>>> window shifts one grid cell for each solution.

شکل ۲- ۲: پنجره مربعی اویلر [۱۹]

چند عامل که درروش اویلر برای رسیدن به نتایج اهمیت فراوانی دارند عبارتاند از: شاخص ساختاری، اندازه پنجره و عدم قطعیت. الف-شاخص ساختاری شاخص ساختاری برای حالتهای مختلف زمینشناسی در جدول (۲–۱) ارائهشده است. باید به این موضوع اشاره کرد؛ که اندیس ساختاری برای اشکال ایده آل به این صورت است. با •فاصله گرفتن از منبع (افزایش ارتفاع سطح اندازه گیری) شاخص ساختاری افزایش مییابد، بنابراین به نظر میرسد که هنوز درک دقیق و کاملی از شاخص ساختاری حاصل نشده است [۲۰]. البته با استفاده از همین مقادیر صحیح و فرض شکل ایده آل برای توده میتوان نتایج بسیار خوبی را به دست آورد. واضح است اگر پارامترها بهدقت تعیین شوند، تخمین دقیق تری از عمق و مکان بی هنجاری بدست می آید. انتخاب ضحیح شاخص ساختاری، منجر به توالی جوابهای پراکنده خواهد شد و شاخص ساختاری عیر صحیح شاخصی است که اولاً بیشترین خوشهبندی را در پاسخ داشته باشد، یعنی پاسخهای با عمق یکسان مجاور هم باشند و ثانیاً در مناطقی که از لحاظ آماری بی هنجاری وجود ندارد، تعداد نقطه حل اویلر کمینه باشد [۲۱] .

شاخص ساختاری	میدان مغناطیسی	میدان گرانشی
•	كنتاكت	دایک و سیل
١	دایک و سیل	استوانه افقی و قائم
٢	استوانه افقی و قائم	کره یا دوقطبی نقطه ای
٣	کره یا دوقطبی نقطه ای	

جدول ۲- ۱: شاخص ساختاری معادله اویلر برای مدل های ساده زمین شناسی [۲۰]

ب- اندازه پنجره انتخاب ابعاد پنجره اویلر عمدتاً بر اساس تراکم دادهها و گسترش ابعاد بی هنجاری صورت می گیرد. برای انتخاب اندازه پنجره پژوهشگران نظرات متفاوتی دارند؛ که به برخی از آن ها اشاره می شود:

• پنجره باید دو مشخصه داشته باشد:

۱- باید بهاندازه کافی بزرگ باشد تا تغییرات اساسی میدان را دربگیرد
 ۲- باید بهاندازه کافی کوچک باشد تا اثر چند چشمگی در پنجره رخ ندهد؛ یعنی پنجره
 در یک موقعیت فقط شامل یک چشمه باشد[۲۲]

- حداقل عمق قابل قبول تقریباً برابر اندازه پنجره و حداکثر عمق قابل قبول تقریباً سه برابر اندازه پنجره است، همچنین اندازه پنجره باید بهاندازه کافی کوچک باشد، تا اثر چند چشمگی رخ ندهد و به اندازه کافی بزرگ باشد؛ تا تغییرات اساسی میدان را در برگیرد. بنابراین حلهایی که از مرکز پنجره فاصله زیادی دارند، غیرقابل قبولند [۲۳].
- برای بیهنجاریهای کمعمق، پنجره کوچک جواب بهتری میدهد، تا پنجرههای بزرگ و بالعکس برای ناهنجاریهای عمیق پنجرههای بزرگ خطای کمتری در برآورد عمق دارند. توجه به این نکته الزامی است که نباید بیش از یک ناهنجاری در پنجره قرار گیرد، زیرا روش اویلر بر این فرض استوار است که در یک پنجره، دادههای مربوط به یک ناهنجاری وجود دارد؛ در غیر این صورت جوابهای بهدستآمده کاملاً غیرقابلقبول خواهد بود[۲۴]
- اندازه پنجره باید به گونه ای انتخاب شود که طول پنجره حداقل دو برابر عرض ناهنجاری باشد [۲۵].

ج- عدم قطعیت در روش تخمین عمق اویلر، مکان و عمق بهدست آمده دارای عدم قطعیت های وابسته به هم می باشند. خطای مکان (X,X) ترکیبی از عدم قطعیت های جداگانه X و Y هستند. باید جواب های با عدم قطعیت بالا را حذف کرد؛ زیرا روش اویلر جوابی برای همه موقعیت های پنجره ایجاد می کند؛ با این فرض که منبع مغناطیسی مشخصی ارائه شود یا خیر. درنتیجه جواب های غیرواقعی به وسیله عدم قطعیت های بالا شناسایی می شوند. سطح عمومی عدم قطعیت وابسته به کیفیت داده ها هستند. بنابراین ملاک های انتخاب باید با آزمایش شناسایی شوند. به طور کلی نتایج قابل قبول برای داده های واقعی وقتی به دست می آید که ملاک های انتخاب کم و بیش مانند جدول (۲-۲) باشد [۲۶]

شاخص ساختار	عدم قطعيت عمق	عدم قطعيت مكان
•	۲۰ درصد	۴۰ درصد
•/۵	۱۵ درصد	۳۰ درصد
١	۱۰ درصد	۲۰ درصد
٢	۵ درصد	۱۰ درصد
٣	۵ درصد	۱۰ درصد

جدول ۲- ۲: عدم قطعیتهای مورد قبول برای شاخص ساختار مختلف [۲۶]

۲-۹-۲- روش طیف توان

روش طیف توان یک روش ریاضی آماری است، که برای تفسیر بیهنجاریهای میدان پتانسیل به کار میرود و به محاسبه عمق متوسط با استفاده از آهنگ کاهش طیف توان متوسط میپردازد. اولین بار اسپکتور و گرانت (۱۹۷۰) از این روش برای تخمین عمق ناهنجاریهای میدان پتانسیل استفاده کردند و بعدها توسط پژوهشگرانی نظیر ترتیل، کلمنت و کاول (۱۹۷۱)، هآهن (۱۹۷۶) و کنارد (۱۹۸۳) توسعه داده شد. طیف توان، یک تابع در حوزه فرکانس است. به طور معمول برای تحلیلهای طیفی دادههای مغناطیسی و محاسبه عمق، لگاریتم طیف توان میانگین شعاعی در مقابل عدد موج (*k*)

روش اسپکتور و گرنت

طیف توان میانگین برای یک منبع نقطهای دریک لایه بهصورت زیر است

$$p = e^{-4\pi kh} \tag{(1.-7)}$$

که در این رابطه k عدد موج، p طیف توان، h عمق میباشد. عدد موج در یک شبکه بهصورت شعاعی تعریف میشود و معادله آن بهصورت زیر است:

$$k = \sqrt{k_x^2 + k_y^2}$$
 (11-1)

در این رابطه اعداد موج در جهت $x \, e^y$ به صورت روابط زیر تعریف می شوند

$$k_x = \frac{2\pi(k_1 - 1)}{N_x \Delta x} \tag{17-7}$$

$$k_{y} = \frac{2\pi(k_{2}-I)}{N_{y}\Delta y}$$
 ($rr-r$)

در رابطه (۲–۲۲)، k_1 شمارنده نقاط، N_x تعداد کل نقاط روی محور x و x_2 طول برداشت روی محور x می باشد. به همین ترتیب عدد موج روی محور y در رابطه (۲–۲۳) تعریف می شود. باید طیف توان در هر دو جهت X و y محاسبه و میانگین گیری شود؛ تا در نهایت طیف توان شعاعی میانگین در جهت عدد موج شعاعی بدست آید. با توجه به رابطه (۲–۲۰)، مشخص است با رسم لگاریتم طیف توان در مقابل مقادیر عدد موج و با استفاده از شیبخط برازش داده شده بر قسمتهای دارای شیبخطی ثابت و با توجه به رابطه (۲–۲۰)، مشخص است با رسم لگاریتم می توان در مقابل مقادیر عدد موج و با استفاده از شیبخط برازش داده شده بر قسمتهای دارای شیبخطی ثابت و با توجه به رابطه (۲–۲۰)، مشخص است با رسم لگاریتم می توان در مقابل مقادیر عدد موج و با استفاده از شیبخط برازش داده شده بر قسمتهای دارای شیبخطی ثابت و با توجه به رابطه (۲–۲۰)

$$h = -\frac{m}{4\pi} \tag{(1.16)}$$

در این رابطه m شیب خط برازش یافته و h عمق حاصل از روش تخمین عمق طیف توان است[۲۷].

در نظر گرفتن فرضیههایی بهمنظور سادهسازی مساله اجتنابناپذیر است. بیان ریاضی عبارت فوق به قرار زیر است[۲۸]:

$$F(m) = d^{pred} \tag{7D-T}$$

 d^{pred} در این رابطه F کمیتی است که پارامترهای فیزیکی توده را در خود دارد. m مدل زیرسطحی و d^{pred} دادههای شبیه سازی شده است. در مدل سازی پیشرو بعد از انتخاب مدل به روش سعی و خطا انطباق بین دو منحنی تئوری و مشاهدهای انجام می شود؛ اما رروش معکوس هدف انتخاب بهترین مدل با استفاده مستقیم از دادههای مغناطیسی برداشت شده است. به بیان ریاضی داریم :

$$m^* = F^{-1}(d^{obs}) \tag{19-1}$$

در این رابطه m مدل معکوس سازی شده، F^{-1} معکوس کمیت F و d^{obs} دادههای مغناطیس سنجی مشاهده شده است. [۲۸] مشکل اصلی در روش پیشرو و معکوس این است که جواب های به دست آمده یکتا نیست. یعنی مدل های گوناگون با شکل و مشخصات مختلف میتوانند آنومالی های یکسان تولید کنند. حل این مشکل به سه طریق ریاضی، ژئوفیزیکی و زمین شناسی امکان پذیر است. به عنوان مثال از لحاظ ریاضی تغییرات شدت مغناطیس شدگی از یک نقطه به نقطه دیگر درون توده اندک در نظر گرفته می شود. در نتیجه در الگوریتم مدل سازی معکوس باید جهت و تغییرات مغناطیس شدگی ثابت فرض شود. از لحاظ ژئوفیزیکی، مغناطیس شدگی از یک نقطه به نقطه دیگر درون توده اندک در نظر اندازه گیری شده در آزمایشگاه خیلی تفاوت داشته باشد. در نهایت از دیدگاه زمین شناسی باید با مقدار ارتباط بین الگوی بی هنجاری مغناطیسی مشاهده ای و ساختمان مولد آن دقت زیادی شود؛ تا مدل انتخابی در شروع مدل سازی به درستی انتخاب شود. به عنوان مثال از لحاظ زمین شناسی یک گسل امتدادلغز دارای الگوی مغناطیسی با گرادیان نزدیک به قائم است. ممکن است این گونه به نظر برسد که روش معکوس آسان تر و واضح تر از روش پیشرو است؛ اما لزوماً این مساله صحیح نیست. در روش معکوس به مدل های بسیار ساده نیاز است و دخالت دادن اطلاعات مستقل مشکل است [۱۰].

فصل سوم: تهیه مدل مصنوعی، کاربرد روشهای طیف توان و اویلر و مدلسازی سهبعدی

از آنجا که محدوده مورد مطالعه در این تحقیق دارای ساختاری به شکل دایک است؛ لذا برای برسی کارایی روشهای تخمین عمق اویلر دیکانولوشن، طیف توان انرژی و مدلسازی سه بعدی، ۶ مدل مصنوعی (به شکل دایک)، با استفاده از نرم افزار *Model Vision* تهیه شد تا ضمن بررسی روش های ذکر شده پارامترهای موثر برای این روش ها نیز بررسی گردد. برای نمایش این مدلها به همراه نقشه میدان مغناطیسی حاصل از آن از نرمافزار Encom PA استفاده شد و همچنین از نرمافزارهای Geosoft و Excel برای تخمین عمق اویلر، طیف توان و از نرم افزار Mag3D برای مدلسازی سه بعدی استفاده گردید.

۳-۲ مدل های مصنوعی

۳-۱ مقدمه

برای بررسی برآورد تخمین عمق به روشهای طیف توان و اویلر در ساختارهای دایکی شکل، ۶ دایک در دو عمق ۳۰ و ۴۰ متر درنظر گرفته شد. ۳ دایک در عمق ۳۰ متری با ۳ حالت قائم و افقی و با شیب ۴۵ درجه قرار داده شد و سه دایک دیگر به همین ترتیب در عمق ۴۰ متری قرار گرفت. سپس ۲ درصد نوفه گوسی به هریک از مدل ها اضافه شد. پارامترها و نتایج حاصل از ساخت مدل ها در شکل های (۳–۱) تا (۳–۶) آمده است.



۳-۲-۱ دایک افقی مدفون در عمق ۳۰ متر

شکل۳- ۱ : دایک افقی مدفون در عمق ۳۰ متر



Model	Dyke	
	X (m)	50
Position	Y (m)	50
	Z (m)	-30
	Height	60
	width	80
	Length	20
	Dip	90
	Inclination (°)	90
Physical Properties	Declination (°)	0
	Total Intensity (nt)	48000
	Susceptibility (SI)	0.03

شکل۳- ۲: دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متر

۳-۲-۳ دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متر با شیب ۴۵ درجه



Model	Dyke	878
	X (m)	50
	Y (m)	50
	Z (m)	-30
Position	Height	60
	width	80
	Length	20
	Dip	45
. V	Inclination (°)	90
Dhaniart	Declination (°)	0
Physical	Total Intensity (nt)	48000
riopentes	Susceptibility (SI)	0.03

شکل۳-۳: دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متر با شیب ۴۵ درجه

۳-۲-۴ دایک افقی مدفون در عمق ۴۰ متر



Model	Dyke	15
	X (m)	50
	Y (m)	50
	Z (m)	-40
Position	Height	60
	width	20
	Length	80
	Dip	0
	Inclination (°)	90
Physical Properties	Declination (°)	0
	Total Intensity (nt)	48000
	Susceptibility (SI)	0.03

شکل۳- ۴ : دایک افقی مدفون در عمق ۴۰ متر





شکل۳- ۵ : دایک قائم مدفون در عمق ۴۰ متر

۳-۲-۶ دایک قائم مدفون در عمق ۴۰ متر با شیب ۴۵ درجه



شکل۳-۶: دایک قائم مدفون در عمق ۴۰ متر با شیب ۴۵ درجه

۳–۳– کاربرد روش اویلر خروجی روش تخمین عمق اویلر شامل پارامترهای WndSize ،Y ، Depth ،Y_Euler ،X_Euler است. خروجی روش تخمین عمق اویلر شامل پارامترهای WndSize ، یک در ادامه آمده است. X و Y معرف مختصات مرکز پنجره، WndSize و Y یانگر نقاط حل به دست آمده از روش اویلر است. Zb و XX بیانگر درصد عدم قطعیت عمقی می باشد. Y_Offset یو Y فاصله نقاط حل به دست آمده را از مرکز پنجره مشخص میکند. برای دستیابی به جواب های صحیح باید فیلترهایی روی نتایج تخمین عمق اویلر اعمال شود. به طور مثال هر چقدر Offset ی y-Offset و Y_Offset فیلترهایی روی نتایج تخمین عمق اویلر اعمال شود. به طور مثال هر چقدر Y-Steer و Y محیح باید مورد دیگر طراحی فیلتر به منظور حذف پاسخهایی با عدم قطعیت بالاست. زیرا روش اویلر جوابی برای همه موقعیتهای پنجره ایجاد میکند؛ چه منبع مغناطیسی مشخصی ارائه بشود یا نه. درنتیجه جواب های غیر واقعی بهوسیله عدم قطعیتهای بالا شناسایی میشوند. سطح عمومی عدم قطعیت وابسته به کیفیت داده هاست. بنابراین ملاکهای انتخاب باید با آزمایش برقرار شود. به طور کلی نتایج قابل قبول برای داده های واقعی وقتی به دست می آید که ملاک های انتخاب کم و بیش مانند جدول (۲-۲) باشند. پس با توجه به توضیحات بالا روی تمام نتایج تخمین عمق اویلر ۲ فیلتر اعمال شده است: ۱- حذف جواب های با عدم قطعیت بالا با توجه به شاخص ساختاری مدل. ۲- جواب هایی قابل قبول است که مقدار MndSize/2 و MndSize/2 آن بین WndSize/2 تا WndSize/2 آن بین 2/Offse تا کمون مدل. ۲- جواب هایی قابل مدل است که مقدار MndSize/2 و MndSize/2 آن بین WndSize/2 تا Size/2 بالا با توجه به شاخص ساختاری مدل. ۲- جواب های با عدم قطعیت بالا با توجه به شاخص ساختاری مدل. ۲- جواب هایی قابل قبول است که مقدار MndSize/2 و MndSize/2 آن بین WndSize/2 تا که همتند؛ لذا با توجه به جدول (۲-۱)، ضریب تمام مدلهای مصنوعی در نظر گرفته شده به شکل دایک هستند؛ لذا با توجه به جدول (۲-۱)، ضریب ساختاری اعمال شده برای تخمین عمق اویلر برای تمام مدل ها یک می باشد و با توجه به جدول (۲-1)، ضریب کاری عمال شده برای تمام مدل ها یک می باشد و با توجه به جدول (۲-2)، ضریب ساختاری اعمال شده برای تمان مدل ها یک می باشد و با توجه به جدول (۲-2) مریب ساختاری اعمال شده برای عمق ۱۰ درصد و برای مکان ۲۰ درصد است. براساس نتایج پزوهش های پیشین، اندازه پنجره باید به گونه ای انتخاب شود که طول پنجره حداقل دو برابر عرض ناهنجاری هوجود باشد.

برای اثبات گفته های فوق در مورد پارامترهای تخمین عمق، روش تخمین عمق اویلر بر روی ۶ مدل دایک مصنوعی که در قسمت قبل توضیح داده شد اعمال شد. برای برسی اثر پهنای پنجره در برآورد عمق مدلهای مصنوعی، اندازه پنجره با سه مقدار متفاوت ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ متر طراحی شد؛ تا فقط تاثیر اندازه پنجره اعمال شود؛ که نتایج آنها در جداول (۳–۲)،(۳–۴)،(۳–۸)،(۳–۱۰)) قابل ملاحظه هستند. سپس برای اطمینان از این که بهترین اندیس ساختاری برای دایک یک است، اندازه پنجره را ثابت و اندیس ساختاری با مقادیر متفاوت ۵۸، ۱۰۰ ، ۱۳، ۱۰، ۲۰ و ۱۰۰ متر طراحی اعمال شد؛ که نتایج آن در جداول (۳–۳)، (۳–۵)، (۳–۹)، ۲۰ ، ۱۰، ۲۰ و ۳ برای هر مدل اعمال شد؛ که نتایج آن در جداول (۳–۳)، (۳–۵)، (۳–۹)، (۳–۱۰) و (۳–۱۰) آمده است. همانطور که از جدول نتایج تخمین عمق اویلر مشخص است، بهترین اندیس ساختاری برای دایک یک و بهترین اندازه پنجره برای آن دو برابر عرض ناهنجاری می باشد و چنانچه اندازه پنجره از دو برابر عرض ناهنجاری خیلی بیشتر باشد؛ تخمین عمق با خطای زیادی مواجه خواهد شد. ۳-۳-۱ دایک افقی مدفون در عمق ۳۰ متر همان طور که در قسمت قبل توضیح داده شد، بهترین اندیس ساختار برای دایک یک و بهترین اندازه پنجره دو برابر عرض آنومالی است. در این مدل چنان چه عرض آنومالی از شبکهبندی مغناطیسی اندازه گیری شود، حدود ۲۵ متر میباشد. بنابراین همان طور که از جدول نتایج مشخص است، بهترین اندازه پنجره، ۵۰ متر است و چنانچه اندازه پنجره بزرگتر از دو برابر عرض آنومالی باشد، تخمین عمق مقدار کمتری را نشان میدهد. نتایج اعمال روش اویلر با اندازه پنجره متفاوت و اندیس ثابت یک در شکلهای (۳-۲) تا (۳-۹) نشان داده شدهاند.

جدول۳-۱: تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره متغیر و اندیس ساختاری ثابت یک برای مدل دایک افقی (عمق ۳۰متری)

اندازه پنجره	شاخص	تعداد جوابها	كمينه مقدار	بيشينه مقدار	ميانگين جوابها	انحراف
متر	ساختار	بعد از اعمال	جوابها	جوابها	(تخمين عمق)	معيار
		فيلتر	متر	متر	متر	
۵۰	١	٨١	78/7	۳٩/۵	۳۲/۳	٣/٢
۱۰۰	١	٩٢	77/8	346/1	TF/V	۲/۸
۱۵۰	١	۱۸	۱٩/۶	۲۱	۲۰/۳	•/۵

جدول۳- ۲: تخمین عمق اویلر با اندیس ساختاری متغیر و اندازه پنجره ثابت یک برای مدل دایک افقی (عمق ۳۰متری)

اندازه پنجره	شاخص	تعداد جوابها	كمينه مقدار	بيشينه مقدار	ميانگين جوابها	انحراف
متر	ساختار	بعد از اعمال	جوابها	جوابها	(تخمين عمق)	معيار
		فيلتر	متر	متر	متر	
۵۰	•/۵	۶۷) V/V	36/2	۲۴/۷	۴/۸
۵۰	•/٨	٨۴	۲۲/۸	۴۰/۸	۲٩/۵	۴/۱
۵۰	١	٨١	78/7	۳٩/۵	۳۲/۳	٣/٢
۵۰	١/٣	٧٧	۳١/٢	۴۱/۸	٣۶/٧	۲/۵
۵۰	١/۵	۶۵	۳۴/۷	44/1	۴ • / ۲	۲/۳
۵۰	٢	۵۲	41/V	۵۴	۴۸/۵	۲/۷
۵۰	٣	۳۱	۵۵/۸	۶٩/١	۶۴/۷	٣/۴



شکل۳-۷: تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۵۰ در مدل دایک افقی (عمق ۳۰متری)



شکل۳- ۸: تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۱۰۰ در مدل دایک افقی (عمق ۳۰متری)



شکل۳- ۹: تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۱۵۰ در مدل دایک افقی (عمق ۳۰متری)

۳–۳–۲ دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متر این مدل نیز مانند حالت قبل است؛ تنها تفاوت آن نحوه قرار گیری آن می باشد. پیشتر توضیح داده شد که اندازه پنجره باید دو برابر عرض آنومالی باشد. هدف از ایجاد این مدل مشخص شدن عرض آنومالی می باشد. بنابراین جای طول و عرض مدل قبل با هم عوض شده و روش اویلر بر روی آن اعمال شده است؛ که نتایج آن در جداول (۳–۴) و (۳–۵) آمده است. نتایج تفاوتی با مدل قبل ندارد. پس می توان چنین نتیجه گرفت که منظور از عرض ناهنجاری طول و عرض جغرافیایی ناهنجاری نیست؛ به کمترین بعد ناهنجاری عرض و به بزرگترین بعد آن طول می گویند. همچنین باتوجه به شکلهای ر۳–۱۰) تا (۳–۱۲) چنانچه اندازه پنجره بزرگتر از دو برابر عرض آنومالی باشد، مقدار عمق تخمینی کمتر از مقدار واقعی خواهد شد.

اندازه پنجره	شاخص	تعداد جوابها	كمينه مقدار	بيشينه مقدار	ميانگين جوابها	انحراف
متر	ساختار	بعد از اعمال	جوابها	جوابها	(تخمين عمق)	معيار
		فيلتر	متر	متر	متر	
۵۰	١	۸۳	78/3	۳۵/۸	۲ 9/9	1⁄2
۱۰۰	١	۱۳۸	۲۱	۳۵/۹	۲۶/۸	۳/۱
10.	١	49	۱۸/۸	۲۳/۱	۱۹/۹	٠/٩

جدول۳-۳ : تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره متغیر و اندیس ساختاری ثابت یک برای مدل دایک قائم (عمق۳۰متری)

جدول۳-۴: تخمین عمق اویلر با اندیس ساختاری متغیر و اندازه پنجره ثابت برای مدل دایک قائم (عمق۳۰متری)

اندازه پنجره	شاخص	تعداد جوابها	كمينه مقدار	بيشينه مقدار	ميانگين جوابها	انحراف
متر	ساختار	بعد از اعمال	جوابها	جوابها	(تخمين عمق)	معيار
		فيلتر	متر	متر	متر	
۵۰	•/۵	۶۷	۱۸/۶	۳۸	۲۳	۴/۸
۵۰	•/٨	٨٧	۲۳	۳۳/۲	۲۶/۹	۲/۶
۵۰	١	۸۳	78/4	۳۵/۸	८ ४/४	۲/۱
۵۰	١/٣	٧۴	۳١/٢	۳۷/۳	۳ <i>۴</i> /۴	۱/۴
۵۰	١/۵	۶۱	3447	۴۰/۵	٣٧/٧	۱/۴
۵۰	٢	۴۸	47/8	۴٧/٧	48/7	٠/٩
۵۰	٣	۲۹	۵۸/۳	۶۵/۳	۶۲/۵	١/٨



شکل۳- ۱۰: تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۵۰ در مدل دایک قائم (عمق ۳۰متری)



شکل۳- ۱۱: تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۱۰۰ در مدل دایک افقی (عمق ۳۰متری)



شکل۳-۱۲: تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۱۵۰ در مدل دایک قائم (عمق ۳۰متری)

۳-۳-۳ دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متر با شیب ۴۵ درجه

برای بررسی میزان کارایی روش اویلر در ساختارهای شیبدار این مدل طراحی شد. پس از اعمال روش اویلر نتایج آن درجدولهای (۳–۶) و (۳–۷) و همچنین در شکلهای (۳–۱۳) تا (۳–۱۵) نشان داده شد. همانطور که مشاهده می شود؛ در شکل (۳–۱۳) که در آن اندازه پنجره ۵۰ و اندیس ساختاری یک می باشد، بهترین تطابق با مدل مصنوعی دیده می شود.

جدول۳ -۵: تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره متغیر و اندیس ساختاری ثابت یک برای مدل دایک قائم (شیب۴۵ ، عمق۳۰متر)

اندازه پنجره	شاخص	تعداد جوابها	كمينه مقدار	بيشينه مقدار	ميانگين جوابها	انحراف
متر	ساختار	بعد از اعمال	جوابها	جوابها	(تخمين عمق)	معيار
		فيلتر	متر	متر	متر	
۵۰	١	١٠٧	۲۷/۷	۶۲/۸	$rac{1}{\sqrt{r}}$	۶/۷
۱۰۰	١	749	77/1	۷۴/۶	٣۶/٧	۱۳
10.	١	118	۱۹/۴	344	۲۳/۱	۲/۸

اندازه پنجره	شاخص	تعداد جوابها	كمينه مقدار	بيشينه مقدار	ميانگين جوابها	انحراف
متر	ساختار	بعد از اعمال	جوابها	جوابها	(تخمين عمق)	معيار
		فيلتر	متر	متر	متر	
۵۰	•/۵	۸۳	١٩	۵۷/۵	Y Y/ 1	۶/۶
۵۰	•/٨	٩٩	74/1	8018	347/1	۶/۴
۵۰	١	١٠٢	۲۷/۷	۶۲/۸	ra/v	۶/۷
۵۰	۱/٣	٨٧	۳۲/۹	۶۰/۱	٣٩/۶	۴/۵
۵۰	١/۵	۲۲	318/14	۴۷/۱	47	۲/۱
۵۰	٢	۴۸	40/1	۵۵/۷	۵١	۲/۳
۵۰	٣	۴.	۶۳/۳	Υ۲/٨	۶۹/۱	۲/۵

جدول۳- ۶: تخمین عمق اویلر با اندیس ساختاری متغیر و اندازه پنجره ثابت برای مدل دایک قائم (شیب ۴۵ ، عمق۳۰متر)



شکل۳- ۱۳ : تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۵۰ در مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، عمق ۳۰متری)



شکل۳- ۱۴: تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۱۰۰ در مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، عمق ۳۰متری)



شکل۳- ۱۵: تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۱۵۰ در مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، عمق ۳۰ متری)

۳–۳–۴ دایک افقی مدفون در عمق ۴۰ متر برای اطمینان از نتایج حاصل در مورد پارامترهای روش اویلر، سه مدل دیگر مانند مدلهای مدفون در عمق ۳۰ متری تهیه شد؛ با این تفاوت که مدلها در عمق ۴۰ متری قرار گرفتهاند. نتایج تخمین عمق اویلر برای دایک افقی مدفون در عمق ۴۰ متر در جدولهای (۳–۸) و (۳–۹) و همچنین در شکل های (۳–۱۶) تا (۳–۱۸) آوردهاند. همانند دایک افقی مدفون در عمق ۳۰ متری، در این مدل نیز بهترین اندازه پنجره ۵۰ و بهترین اندیس ساختاری یک می باشد.

جدول۳-۷: تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره متغیر و اندیس ساختاری ثابت یک برای مدل دایک افقی (عمق ۴۰متری)

اندازه پنجره	شاخص	تعداد جوابها	كمينه مقدار	بيشينه مقدار	ميانگين جوابها	انحراف
متر	ساختار	بعد از اعمال	جوابها	جوابها	(تخمين عمق)	معيار
		فيلتر	متر	متر	متر	
۵۰	١	٩٨	۳۳/۵	۴۸/۳	۳۸/۴	٣/۵
۱۰۰	١	۱۷۸	78/1	۴۷/۳	77/V	۵
۱۵۰	١	۶۵	۲۳/۹	79/4	TD/V	٦/٣

جدول۳-۸: تخمین عمق اویلر با اندیس ساختاری متغیر و اندازه پنجره ثابت برای مدل دایک افقی (عمق۴۰متری)

اندازه پنجره	شاخص	تعداد جوابها	كمينه مقدار	بيشينه مقدار	ميانگين جوابها	انحراف
متر	ساختار	بعد از اعمال	جوابها	جوابها	(تخمين عمق)	معيار
		فيلتر	متر	متر	متر	
۵۰	•/۵	٧٩	23/27	40/1	۲٩/۵	Δ/Λ
۵۰	•/٨	٩۵	۲۹/۶	۴۵/۸	۳۴/۹	٣/۴
۵۰	١	٩٨	۳۳/۵	۴۸/۳	۳۸/۴	٣/۵
۵۰	١/٣	٨۴	۳۸/۵	۵۲/۱	۴۳/۲	۲/۵
۵۰	١/۵	۶٩	41/V	۵۲/۴	۴۶/۵	١/٨
۵۰	٢	۴۳	49/4	۵٩/٣	۵۵/۹	۲/۲
۵۰	٣	۲۸	۶۴/۸	۲۹/۶	۷۵/۲	۴/۲



شکل۳- ۱۶ : تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۵۰ در مدل دایک افقی (واقع در عمق ۴۰متری)



شکل۳- ۱۷ : تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۱۰۰ در مدل دایک افقی (عمق ۴۰متری)



شکل۳- ۱۸: تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۱۵۰ در مدل دایک افقی (عمق ۴۰متری)

۳-۳-۵ دایک قائم مدفون در عمق ۴۰ متر
این مدل نیز نتایج دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری را نیز تایید میکند. در جدولهای (۳-۱۰) و
(۳-۱۱) و همچنین در شکل های (۳-۱۹) تا (۳-۲۱) نتایج اعمال روش اویلر برای این مدل قابل

مشاهده هستند.

جدول۳- ۹: تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره متغیر و اندیس ساختاری ثابت یک برای مدل دایک قائم (عمق ۴۰ متری)

اندازه پنجره	شاخص	تعداد جوابها	كمينه مقدار	بيشينه مقدار	ميانگين جوابها	انحراف
متر	ساختار	بعد از اعمال	جوابها	جوابها	(تخمين عمق)	معيار
		فيلتر	متر	متر	متر	
۵۰	١	١١٩	3/17	۵١/٢	۳۸/۳	۳/۸
۱۰۰	١	۲۹۵	78/4	54/2	۳۷/۸	٧/٩
۱۵۰	١	144	77/8	۳۸/۲	۲۷	٣/٩

اندازه پنجره	شاخص	تعداد جوابها	كمينه مقدار	بيشينه مقدار	ميانگين جوابها	انحراف
متر	ساختار	بعد از اعمال	جوابها	جوابها	(تخمين عمق)	معيار
		فيلتر	متر	متر	متر	
۵۰	•/۵	1.8	77/4	۵۳	۲٩/٨	۶/۳
۵۰	• / ٨	174	۲۸/۴	۵۵/۵	۳۵	۴/۹
۵۰	١	١١٩	۳۲/۴	۵۱/۲	۳۸/۳	٣/٨
۵۰	۱/٣	۹۵	۳۸/۴	۵۲/۹	۴۳/۷	۲/۸
۵۰	١/۵	٨٠	۴۳/۸	56/8	۴۷/۸	۲/۵
۵۰	٢	۶.	۵۳/۴	۶۱/۴	۵۷/۳	١/٧
۵۰	٣	45	۷۲/۵	٨٠/۶	٧۶/٣	77/7

جدول۳- ۱۰: تخمین عمق اویلر با اندیس ساختاری متغیر و اندازه پنجره ثابت برای مدل دایک قائم (عمق ۴۰ متری)



شکل۳- ۱۹ : تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۵۰ در مدل دایک قائم (عمق ۴۰متری)



شکل۳- ۱: تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۱۰۰ در مدل دایک افقی (عمق ۴۰متری)



شکل۳- ۲: تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۱۵۰ در مدل دایک قائم (عمق ۴۰متری)

۳-۳-۶ دایک قائم مدفون در عمق ۴۰ متر با شیب ۴۵ درجه در این مدل نیز با اندازه پنجره ۵۰ و اندیس ساختاری یک بهترین نتیجه از نظر تطابق با مقدار واقعی حاصل می شود؛ که در جدول های (۳-۱۲) و (۳-۱۳) و همچنین در شکل های (۳-۲۲) تا (۳-۲۴) نتایج تخمین عمق اویلر قابل مشاهده هستند.

جدول۳– ۱۱: تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره متغیر و اندیس ساختاری یک برای مدل دایک قائم (شیب۴۵ ، عمق۴۰متر)

اندازه پنجره	شاخص	تعداد جوابها	كمينه مقدار	بيشينه مقدار	ميانگين جوابها	انحراف
متر	ساختار	بعد از اعمال	جوابها	جوابها	(تخمين عمق)	معيار
		فيلتر	متر	متر	متر	
۵۰	١	۱۳۱	۳۳/۳	۶٩/۴	۴۳	۶/۹
۱۰۰	١	۴۲۰	۲۷	۸۲/۸	۴۵/۹	١٣/٧
10.	١	۳۳۸	22/8	۶۲/۸	٣٣	١٠

جدول۳– ۱۲: تخمین عمق اویلر با اندیس ساختاری متغیر و اندازه پنجره ثابت برای مدل دایک قائم (شیب ۴۵ ، عمق ۴۰ متر)

اندازه پنجره	شاخص	تعداد جوابها	كمينه مقدار	بيشينه مقدار	ميانگين جوابها	انحراف
متر	ساختار	بعد از اعمال	جوابها	جوابها	(تخمين عمق)	معيار
		فيلتر	متر	متر	متر	
۵۰	•/۵	۱۱۸	23/1	۶۳/۵	۳۴/۳	٩/٢
۵۰	• / 🔥	۱۳۸	L J / L	۷۲/۵	٣٩/٧	٨
۵۰	١	۱۳۱	۳۳/۳	۶٩/۴	۴۳	۶/۹
۵۰	۱/٣	١٠٣	3/19	۶٩/۵	۴۷/۵	۵/۴
۵۰	١/۵	٨٢	۲١/۵	۵۵/۶	۴٩/٧	۴
۵۰	٢	۶.	۲۵/۸	۶۴/۹	۵۹	۷/۴
۵۰	٣	49	۳۶	٨۵	٧۶	14



شکل۳- ۲۲ : تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۵۰ در مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، عمق ۴۰متری)



شکل۳- ۲۳ : تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۱۰۰ در مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، عمق ۴۰متری)



شکل۳- ۲۴ : تخمین عمق اویلر با اندازه پنجره ۱۵۰ در مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، عمق ۴۰متری)

۳-۴ کاربرد روش طیف توان در روش طیف توان میزان گستردگی شبکه برداشت بر روی تخمین عمق تاثیر گذار است (پیوست الف). همانطور که در فصل قبل ذکر شد، برای تحلیلهای طیفی دادههای مغناطیسی و محاسبه عمق، لگاریتم طیف توان در مقابل عدد موج (k) ترسیم میشود؛ مانند آنچه در شکل های (۳–۲۵) تا (۳– ۳۰) نشان داده شده است و با استفاده از شیبخط برازش دادهشده بر قسمتهای دارای شیبخطی ثابت و با توجه به رابطه (۲–۲۲) میتوان مقدار عمق را از روش آنالیز طیف توان به دست آورد. نتایج تخمین در جدول (۳–۱۴) آمده است. همانطور که از نتایج مشخص است، روش طیف توان برای مدلهای شیب دار کارایی کمتری دارد و مقدار تخمین عمق بیشتر از مقدار واقعی می باشد؛ ولی برای

۳-۴-۴ دایک افقی مدفون در عمق ۳۰ متر



شکل۳-۲۵ : تخمین عمق طیف توان برای مدل دایک افقی (عمق ۳۰متری)



۳-۴-۲ دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متر

شکل۳- ۲۶ : تخمین عمق طیف توان برای مدل دایک قائم (عمق ۳۰متری)



۳-۴-۳ دایک افقی مدفون در عمق ۳۰ متر با شیب ۴۵ درجه

شکل۳- ۲۷ : تخمین عمق طیف توان برای مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، عمق ۳۰متری)



۳-۴-۴ دایک افقی مدفون در عمق ۴۰ متر

شکل۳- ۲۸ : تخمین عمق طیف توان برای مدل دایک افقی (عمق ۴۰متری)

۳-۴-۵ دایک قائم مدفون در عمق ۴۰ متر



شکل۳- ۲۹ : تخمین عمق طیف توان برای مدل دایک قائم (عمق ۴۰ متری)



۳-۴-۴ دایک قائم مدفون در عمق ۴۰ متر با شیب ۴۵ درجه

شکل۳- ۳۰ : تخمین عمق طیف توان برای مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، عمق ۴۰ متری)

ک	یای		
نحوه قرار گیری	عمق نحوه قرار گیری		تخمين عمق طيف
			توان
افقی	۳.	•/4148	٣٣
قائم	٣.	۰/۴۱۹۱	۳۳/۴
قائم با شیب ۴۵	۳.	•/۵۳۸۴	۴۲/۸
افقی	۴.	•/۵۴۴۲	۴۳/۳
قائم	۴.	۰/۵۱۵۶	41
قائم با شیب ۴۵	۴.	•/۶٧۶۵	۵۳/۸

جدول۳- ١٣: نتايج تخمين عمق طيف توان براى مدلها مصنوعى

۳–۵ مدلسازی سه بعدی مدلها

در روش های مختلف ژئوفیزیکی به منظور استفاده بهینه از یک روش ابتدا میتوان کاربرد آن را بر روی دادههای مصنوعی به همراه نوفه بررسی نمود و براساس میزان تطابق نتایج به دست آمده با جواب اصلی مساله، از این روش برای داده های واقعی استفاده کرد. در روش وارون لی – اولدنبرگ برای ایجاد مدل مقید به اطلاعات زمین شناسی و یا نتایج حاصل از روش های ژئوفیزیکی دیگر نیاز است. بنابراین برای بررسی این که روش وارون لی-اولدنبرگ در حالت بدون قید به چه میزانی با مقدار واقعی تفاوت دارد، از مدل های دایک در نظر گرفته شده در بخش قبلی استفاده شد. نتایج وارون سازی برای مدل های دایک در شکل های (۳–۳۱) تا (۳–۴۲) نشان داده شدهاند.

۳-۵-۱ دایک افقی مدفون در عمق ۳۰ متر

برای مدلسازی نیز مانند روش تخمین عمق طیف توان میزان گستردگی شبکه برداشت روی مدلهای تاثیر می گذارد (پیوست الف). در شکلهای (۳–۳۱) و (۳–۳۲) نتایج مدلسازی برای دایک افقی مدفون در عمق ۳۰ متری نشان داده شده است؛ که در آن سلولهای با تباین کمتر از ۰/۰۰۸۲ نمایش داده نشدهاند. همانطور که مشاهده می شود، بدون اعمال قید مدل حاصل تفاوت اندکیی با مدل واقعی دارد.



شکل۳- ۳۱: نمای شرقی و سه بعدی از مدل دایک افقی (واقع در عمق ۳۰متری)



شکل۳- ۳۲ : : نمای جنوبی از مدل دایک افقی (*واقع در* عمق ۳۰متری)

۳-۵-۲ دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متر نتایج وارون سازی در حالت بدون قید در شکلهای (۳-۳۳) تا (۳-۳۴) قابلمشاهده هستند؛ که در آن سلولهای با تباین کمتر از ۰/۰۰۸۳ نمایش داده نشدهاند.



Depth = -34.5

شکل۳- ۳۳ : نمای غربی از مدل دایک قائم (*واقع در* عمق ۳۰متری)



شکل۳- ۳۴ : نمای جنوبی و سه بعدی از مدل دایک قائم (واقع در عمق ۳۰متری)
۳-۵-۴ دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متر با شیب ۴۵ درجه نتایج وارون سازی در حالت بدون قید برای دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری و شیب ۴۵ درجه در شکلهای (۳-۳۵) و (۳-۳۶) قرار گرفتند که در آن سلولهای با تباین کمتر از ۰/۰۰۷۱ نمایش داده نشده اند. همانطور که قابل ملاحظه است، اختلاف اندکی با مدل مصنوعی دارد.



شکل۳- ۳۵ : نمای جنوبی از مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، واقع در عمق ۳۰متری)



شکل۳- ۳۶: نمای شرقی و سهبعدی از مدل دایک قائم (شیب ۴۵ درجه ، *واقع در* عمق ۳۰متری)

۳-۵-۵ دایک افقی مدفون در عمق ۴۰ متر
 وارون سازی بدون اعمال قید برای سه مدل مدفون در عمق ۴۰ متری نیز اعمال شد. نتایج مدلسازی
 ۱ختلاف ناچیزی با مدل های مصنوعی دارند. نتایج مدلسازی برای دایک افقی مدفون در عمق ۴۰ متری در شکل های (۳۵-۳۷) و (۳۵-۳۸) قرار گرفتند و سلولهای با تباین کمتر از ۲۰۰۵/ مایش داده
 نشده اند.



شکل۳- ۳۷ : نمای جنوبی از مدل دایک افقی (واقع در عمق ۴۰متری)



شکل۳- ۳۸: نمای جنوبی و سه بعدی از مدل دایک افقی (*واقع در* عمق ۴۰متری)

۳-۵-۶ دایک قائم مدفون در عمق ۴۰ متر در این مدل نیز سلول های با تباین کمتر از ۰/۰۰۵۶ نمایش داده نشده اند و نتایج مدلسازی بدون اعمال قید در شکل های (۳-۳۹) و (۳-۴۰) قرار گرفتهاند.



شکل۳- ۳۹: نمای غربی از مدل دایک قائم (*واقع در* عمق ۴۰متری)



شکل۳- ۴۰: نمای غربی و سه بعدی از مدل دایک قائم (و*اقع در* عمق ۴۰ متری)

۶- دایک قائم مدفون در عمق ۴۰ متر با شیب ۴۵ درجه

برای دایک مدفون در عمق ۴۰ متری با شیب ۴۵ درجه نیز مدلسازی سه بعدی اعمال شد، که نتایج آن در شکل های (۳–۴۱) و (۳–۴۲) قرار گرفتند و سلولهای با تباین کمتر از ۰/۰۰۴۹ نمایش داده نشده اند.





شکل۳- ۴۱: نمای جنوبی از مدل دایک قائم (شیب ۴۵ ، و*اقع در* عمق ۴۰)

شکل۳- ۴۲ : نمای جنوبی و سه بعدی از مدل دایک قائم (شیب ۴۵ ، و*اقع در* عمق ۴۰)

فصل چهارم: پردازش و تفسیر دادههای منطقه مورد مطالعه

۴-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

محدوده اکتشافی در استان یزد و در غرب شهرستان صدوق واقع شده است. راه دسترسی به محدوده از شهر یزد ۱۲۰ کیلومتر است؛ که ۹۶ کیلومتر آن جاده آسفالته یزد- نصر آباد است و به روستای شواز منتهی می شود. در شکل (۴–۱) محدوده مور دمطالعه نشان داده شده است.



شکل ۴- ۱: موقعیت محدوده اکتشافی موردمطالعه (شواز) نسبت به شهر یزد (Google maps)

۴-۲- مورفولوژی و ریختشناسی منطقه مورد مطالعه

عمده نقاط محدوده مورد مطالعه از نظر توپوگرافی دارای ارتفاع کم بوده و بهوسیله آبرفتهای عهد حاضر پوشیده شدهاند. ارتفاع متوسط آن ۱۸۰۰ متر است، ولی در کوههای بلند آهکی ارتفاع به ۲۰۰۰ متر نیز میرسد. در شکل (۴–۲) موقعیت محدوده در تصویر ماهوارهای قابل مشاهده است.

۴-۳- زمینشناسی محدوده مورد مطالعه

محدوده موردمطالعه در غرب گسل دهشیر و در نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰ کفه طاقستان قرار دارد. در شکل (۴–۳) موقعیت محدوده در نقشه زمین شناسی مزبور نشان داده شده است. مهم ترین واحدهای سنگی که در این محدوده وجود دارند؛ عبار تند از:

- •سنگهای آهکی که بزرگترین ارتفاعات موجود در منطقه را تشکیل میدهند. ارتفاع این آهکها به بیش از ۲۰۰۰ متر میرسد. این آهکها متعلق به دوران کرتاسه هستند. با توجه به نفوذ تودههای ماگمایی در مجاورت این آهکها دگرگونی خاصی در آنها مشاهده نمیشود. این آهکها دارای دو امتداد شمالی- جنوبی در شرق و امتداد شرقی- غربی در مرکز محدوده هستند [۲۹].
- •سنگهای مافیک تا الترامافیک که در حاشیه آهکها قرار دارد و متعلق به دوران الیگوسن تا پلیوسن میباشد. این سنگها مهمترین میزبان سنگآهن در منطقه هستند؛ که در آنها سنگآهن با ژنز دگرگونی ناشی از فعالیتهای هیدروترمالی تشکیلشده است. فرآیند آلتراسیون در بعضی از این تودهها بهوضوح دیده میشود.

آلتراسیون سریسیتی و دیوپسیدی نمونههایی از این آلتراسیونها هستند[۲۹]. •سنگهای دگرگونی مجاورتی شامل اسلیتها و فیلیتها که در حاشیه سنگهای آهکی و تودههای نفوذی بهصورت تکرارپذیر دیده میشوند[۲۹].

 اسکارن به سنگهای دگرگونی ای گفته می شود که اکثرا از طریق متاسوماتیزم تشکیل شده و حاوی سیلیکاتهای کلسیم، آهن، منیزیم و آلومینیوم می باشند. با توجه به شواهد موجود در منطقه میتوان کانی سازی آهن در محدوده مورد مطالعه را تیپ اسکارن در نطر گرفت که با توجه به وجود آهک و نبود دولومیت؛ اسکارن از نوع کلسیمی می باشد.



شکل۴- ۲: نقشه ماهوارهای از منطقه مورد مطالعه (Google Earth)



شکل۴-۳ : برش قسمتی از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی کفه طاقستان در منطقه مورد مطالعه [۳۰].

۴-۴- مشخصات میدان مغناطیسی منطقه

محاسبه پارامترهای میدان مغناطیسی با استفاده از مدل IGRF2005 برای زمان برداشت دادهها انجام شد؛ که شدت میدان مغناطیسی در منطقه مورد مطالعه ۴۶۰۰۰ نانو تسلا و زاویه میل و انحراف مغناطیسی نیز به ترتیب ۲/ ۴۸ و ۲/۹ درجه است.

۴-۵- شبکه برداشت و عملیات صحرایی

برای طراحی شبکه برداشت در منطقه موردمطالعه، با در نظر گرفتن عوامل مختلف مانند روند ساختارهای زمین شناسی، نوع کانسار هدف، عمق محتمل کانسار شبکه برداشت به دو شکل طراحی شده است:

- شبکه ۱۰ *۱۰ برای نواحی با شدت بالا و تغییر پذیری زیاد
- شبکه ۱۰ *۲۰ برای نواحی با شدت و تغییر پذیری متوسط

امتداد شبکه برداشت برای شبکههای فوق با توجه به روند شمال شرقی - جنوب غربی ساختارها زمین شناسی و ژنز کانسار (رگهای بودن) شمالی – جنوبی (زاویه کمتر از ۴۵ درجه نسبت به روندهای ناحیه ای) انتخاب شده است. در شکل (۴–۴) روند و شبکه نقاط برداشت شده در محدوده اکتشافی نشان داده شده است.



شکل۴-۴ : نقشه شبکه نقاط برداشت مغناطیسی در منطقه مورد مطالعه

دادههای مغناطیسی در نزدیک به ۲۵ پروفیل برداشت شده؛ که طول آنها بسته به میزان تغییرپذیری، شدت و مدل کانسار از ۳۰۰ تا ۷۰۰ متر متغیر است.این محدوده با وسعت ۲۰۰۰ مترمربع دارای ۱۳۷۷داده مغناطیسی زمینی است که با استفاده از دستگاه مگنتومتر I-WCZ ، توسط شرکت پدیده گستران غرب برداشت شده است و در اختیار اینجانب قرار گرفت.اطلاعات دادههای برداشت شده از منطقه در جدول (۴–۱) آمده است.

جدول ۴- ۲: خلاصه آمار دادههای برداشت شده مغناطیسی در محدوده مورد مطالعه

انحراف معيار	ميانگين	حداکثر شدت	حداقل شدت	تعداد دادههای برداشتشده
471/24	49919/14	۵•۳۷۸/۳	4421./2	1188

۴-۶- نقشه میدان مغناطیسی کل

نخستین مرحله در پردازش و تفسیر دادههای مغناطیسی تهیه نقشه شدت میدان کل مغناطیسی میباشد. از روی نقشه شدت میدان کل میتوان شمایی کلی از آنومالیها مغناطیسی، شدت و پتانسیل کانسارزایی آنها به دست آورد. در این مرحله با شناسایی نقاط با شدت بالا که معمولاً بهصورت دوقطبی ظاهر میشوند؛ میتوان پردازشها و تفسیرها را بر روی آنها متمرکز نمود. این پردازشها شامل پردازشهای تبدیل به قطب، سیگنال تحلیلی، مشتقات افقی و قائم، فیلترهای پایین گذر و بالا گذر و ادامه فراسو و فروسو میباشد. در شکل (۴–۵) نقشه شدت کل میدان مغناطیسی نشان داده شده است. این نقشهها با استفاده از نرمافزار Oasis Montaj محصول شرکت Geosoft تهیه شده است. نقشه شدت میدان با استفاده از روش کمترین انحنا^۱، که مناسبترین روش تهیه شبکهبندیها ژئوفیزیکی است؛ تهیه شده است شکل(۴–۵).



شکل۴-۵: نقشه میدان مغناطیسی کل در محدوده مورد مطالعه

۴-۷- نقشه برگردان به قطب

اولین تصحیح در پردازش دادههای مغناطیسی، انتقال دادهها به قطب شمال مغناطیسی $I = 90^\circ$) است؛ که پس از تصحیح تغییرات زمانی بر روی دادهها اعمال می شود. این تصحیح که

¹. minimum curvature

برگردان به قطب نامیده می شود، اثر زاویه انحراف و میل میدان مغناطیسی زمین را حذف می کند. در واقع این فیلتر برای ساده کردن تفسیر، بدنه مغناطیسی را به قطب شمال مغناطیسی انتقال میدهد. از آنجا که بخشی از تغییرات دامنه و شکل بیهنجاری مغناطیسی در ارتباط با تغییرات زاویه انحراف و میل است؛ برای جداسازی این پارامتر و رسیدن به پاسخهای وابسته به کانیسازی، برگردان به قطب انجام می شود. انتقال بی هنجاری های مغناطیسی به قطب (نقشه بر گردان به قطب) مانند نقشه حاصل از همان منبع مغناطیسی است؛ که در قطب یا نواحی نزدیک به قطب واقع شدهاند. تفسیر بیهنجاریهای میدان مغناطیسی به علت دوقطبی بودن میدان و تغییرات زاویه میل و انحراف بردار میدان در عرضهای جغرافیایی مختلف، مشکل و پیچیده است. با روش برگردان به قطب به دلیل انتقال محل بی هنجاری به قطب مغناطیسی، جایی که میدان مغناطیسی زمین به حالت قائم درمیآید، اثر موقعیت جغرافیائی محل برداشت یعنی زاویههای میل و انحراف حذف می شود. این پردازش محل بی هنجاری مغناطیسی نسبت به محل کانی سازی را تصحیح میکند و در واقع بیهنجاری مغناطیسی در بالای محل کانسار قرار می گیرد (شکل (۴-۶)). با توجه به زاویه میل و انحراف میدان مغناطیسی زمین در منطقه مورد مطالعه، با تهیه نقشه برگردان به قطب اثر موقعیت جغرافیایی روی بی هنجاری ها حذف شده و محل دقیق کانسار با توجه به بی هنجاری ها مشخص شده است. در قطب ها به علت حذف اثر تغییرات امتداد میدان مغناطیسی، بیشینه بیهنجاریهای مشاهدهشده، بر مرکز منبع مغناطیسی منطبق بوده و در نتیجه دستیابی به شکل و موقعیت این تودهها و انتخاب محلهای مناسب حفاری آسان تر می شود. با توجه به موقعیت جغرافیای منطقه موردمطالعه پارامترهای زاویه انحراف و میل مغناطیسی در جدول (۲-۴) آورده شده است.



شکل۴-۶: نمایی شماتیک از برگردان به قطب

جدول ۴- ۲: پارامترهای میدان مغناطیسی زمین در منطقه موردمطالعه

زاويه انحراف	زاویه میل مغناطیسی	شدت میدان زمین
۲/۹	۴۸/۷	497

با استفاده از پارامترهای جدول فوق می توان اثر زوایای میل و انحراف مغناطیسی را از نقشه شدت

مغناطیسی حذف نمود. نقشه تبدیل به قطب در شکل (۴–۷) نشان داده شده است.



شکل۴-۷: نقشه مغناطیسی باقیمانده پس از اعمال فیلتر بر گردان به قطب

۴-۸- نقشه گسترش به سمت بالا (ادامه فراسو)

بهطور کلی این پردازش روش مؤثری در عملیات فیلترینگ دادهها میباشد و این امکان را فراهم مینماید تا مقادیر را تعدیل و آنومالیهای محلی حذف شوند. در روش ادامه فراسو با کم کردن این مقادیر از مقادیر اصلی، اثر عناصر عمیق پدیدار می گردد؛ یعنی با کاهش اثر مقادیر ناحیهای میتوان عناصر مغناطیسی کم عمق را شدت بخشید. از نظر تئوری ادامه فراسو را میتوان تا ارتفاعی که از منبع مغناطیسی دیگری عبور نکرده، ادامه داد. با اینحال به دلیل آن که باعث افزایش غیرواقعی نوفهها میشود، روش پایداری نمیباشد. برای بررسی میزان گسترش آنومالیها و شناسایی روند کلی آنها، نقشههای ادامه فراسو برای ارتفاعات مختلف ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۹۰ متر تهیه شده است؛ که در شکلهای (۴–۸) تا شکلهای (۴–۱۳) نشان داده شده است. همان طور که دیده میشود، با ادامه فراسو تا ارتفاعات بالاتر علاوه بر هموارتر شدن آنومالیها که ناشی از کاهش اثر طول موجهای کوتاه میباشد،

بسیاری از جزئیات موجود در نقشهها نیز کم می شود. این جزئیات می تواند نشان دهنده تودههای کوچک مغناطیسی موجود در عمق کم باشد؛ که معمولاً فرکانس پاسخ آنها بالا بوده و در تبدیل ادامه فراسو حذف می شوند و ازنظر اکتشافی دارای اهمیت کمی هستند.









شکل۴- ۱۳: فیلتر ادامه فراسوی ۹۰ متر



شکل۴- ۱۰: فیلتر ادامه فراسوی ۴۰ متر



شکل ۴- ۱۲ : فیلتر ادامه فراسوی ۸۰ متر

۴-۹ نقشه مشتق قائم

تبدیل مشتق قائم طوری طراحی شده است که منشأهای عمیق را تضعیف کرده و منشأهای سطحی و کمعمقتر، و یا قسمتهای کمعمق یک منشأ را تقویت می کند. همان طور که در شکل (۴–۱۴) مشاهده می شود، آنومالی موجود در منطقه دارای روند تقریباً شمال غربی به جنوب شرقی می باشد.



شکل۴– ۱۴: نقشه مشتق قائم

۴–۱۰ نقشه مشتق جهتی

وقتی صحبت از مشتق در جهت محورهای مختصاتی بهجز محور Z میشود، منظور نشان دادن ساختارهایی است که عمود بر محور مشتق گیری قرار گرفتهاند. بهطور مثال مشتق جهتی میدان مغناطیسی در راستای X ساختارهایی را که در جهت محور Y قرار گرفتهاند؛ برجسته میسازد. این در حالی است که مشتق جهتی میدان مغناطیسی در راستای محور Y ساختارهایی را که در جهت محور Y قرار گرفتهاند؛ برجسته میسازد. این در الی است که مشتق جهتی میدان مغناطیسی در راستای محور Y ساختارهایی را که در جهت محور Y قرار گرفتهاند؛ برجسته میسازد. این در الی است که مشتق جهتی میدان مغناطیسی در راستای محور Y ساختارهایی را که در جهت محور آمری محور Y ساختارهایی را که در آمری محور Y ساختارهایی را که در جهت محور آمری محور Y ساختارهایی را که در جهت محور آمری می وان از این نوع فیلترها برای افتی X قراردارند، برجسته می کنند (شکل (۴–۱۵) و (۴–۱۶)). بنابراین می توان از این نوع فیلترها برای آشکارسازی ساختارها در راستا و روند مشخصی که از پیش مشخصاند؛ استفاده نمود.



شکل۴- ۱۶: نقشه مشتق مرتبه اول در جهت y

شکل۴-۱۵: نقشه مشتق مرتبه اول در جهت X

۴–۱۱– نقشه سیگنال تحلیلی

با توجه به مطالب ذکرشده در فصل ۲ در مورد سیگنال تحلیلی، برای شناسایی مرز ناهنجاری موجود در محدوده مورد مطالعه از فیلتر سیگنال تحلیلی نرمافزار ژئوسافت استفاده شد؛ که در شکل (۴–۱۷) نشان داده شده است و مرز ناهنجاری را به خوبی نشان داده است.



شکل۴- ۱۷: نقشه سیگنال تحلیلی مربوط به محدوده مورد مطالعه

۴–۱۲ نقشه روند سطحی

یکی از انعطاف پذیرترین روشهای تحلیل برای تعیین اثرات ناحیهای، روش روند سطحی توسط برازش چندجملهای میباشد. در این روش میدان ناحیهای از مقادیر مشاده ای بهوسیله کمترین مربعات تقریب زده میشود. این روش بر اساس محاسبه سطحی (به روش ریاضی) استوار است؛ تا بهترین تطابق را نسبت به مقادیر مشاهدهای داشته باشد. برای تفکیک ناهنجاریها از درجات ۱ تا ۳ فیلتر روند سطحی ژئوسافت استفاده شد که نتایج حاصل در شکلهای (۴–۱۸) تا (۴–۲۰) قابل مشاهده هستند. پس از بررسی نتایج حاصل از این روش و نبود تغییرات جدی در آنها، نقشه حاصل از روند ۲ مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفت.







شکل۴– ۳۸: نقشه حاصل از حذف روند سطحی بادرجه ۱





شکل۴-۲۰: نقشه حاصل از حذف روند سطحی با درجه ۳

۴–۱۳ آمادهسازی دادهها

برای تخمین عمق اویلر، طیف توان و مدلسازی سهبعدی از دادههای شبکهای استفاده می شود. بنابراین کیفیت نتایج مستقیماً به کیفیت دادههای برداشتی و شبکهبندی شده وابسته است. لذا پس از انجام تصحیحات و اعمال فیلتر برگردان به قطب از فیلتر گسترش به سمت بالا و فیلتر روند سطحی با درجه ۲ استفاده شد و درنهایت قسمتی از شبکهبندی حاصل از روند سطحی با درجه ۲ به عنوان شبکه مبنا برای تخمین عمق و مدل سازی استفاده شد (شکل (۴–۲۱))



شکل۴- ۲۱: نقشه مبنا برای اعمال تخمین عمق و مدلسازی

۴–۱۴ تخمین عمق اویلر

پس از آماده سازی شبکه دادهها و مشتقات متعامد، برای تخمین عمق و مکان زونهای حاوی آهن، روش واهمآمیختاویلر بر رویدادهها اعمال شد. با توجه به ساختار زمین شناسی منطقه که دارای شکلی بهصورت دایک است؛ ضریب ساختاری در نظر گرفته شده برای تخمین عمق اویلر یک فرض شد. با توجه به مطالب ذکرشده در قسمت تئوری تخمین عمق اویلر (در فصل ۲)، درصد قابل قبول برای عدم قطعیت مکان (dxy) ۲۰ درصد و برای عدم قطعیت عمق (dz) ۱۰ درصد می باشد. برای انتخاب پنجره مناسب طول پنجره حداقل باید دو برابر عرض ناهنجاری موجود باشد و با توجه به اعمال تخمین عمق اویلر روی مدل های مصنوعی، اندازه پنجره ۲۰۰ متر در ۲۰۰ متر در نظر گرفته شد که تعداد جواب های ایجادشده به وسیله این پنجره ۱۴ می باشد؛ و عمق نیز بازه ی ۱۳ تا ۲۰ متر برآورد شده است. در شکل ایجادشده می باشد. همچنین عمق اویلر و در جدول (۴–۳) داده های حاصل از اعمال تخمین اویلر قابل مشاهده می باشد. همچنین نتایج تخمین عمق اویلر برای سه پنجرهی ۵۰، ۱۰۰ و ۱۰۰ نیز در شکل های (۴–۲۲) تا (۴–۲۲) آورده شده اند.



شکل۴- ۲۲: تخمین عمق به روش اویلر با اندازه پنجره ۵۰



شکل۴- ۲۳: تخمین عمق به روش اویلر با اندازه پنجره ۱۰۰



شکل۴- ۲۴: تخمین عمق به روش اویلر با اندازه پنجره ۱۵۰



شکل۴- ۲۵: تخمین عمق به روش اویلر با اندازه پنجره ۲۰۰

x	у	X_Euler	Y_Euler	Backgrnd	WndSize	Depth	dXY	dZ	X_Offset	Y_Offset	Mask
730315	3504265	730247.1	3504339	-90.46	200	15.7	14.23	4.72	-67.94	73.75	1
730325	3504295	730255.9	3504345	-145.45	200	21.93	9.8	4.89	-69.13	50	1
730325	3504305	730255	3504346	-160.57	200	21.6	9.68	4.81	-70	40.5	1
730325	3504315	730254.2	3504346	-177.77	200	21.21	9.49	4.71	-70.81	31	1
730315	3504325	730244	3504352	-237.09	200	13.11	14.68	4.9	-71	26.75	1
730325	3504325	730253.9	3504346	-182.93	200	21.13	9.25	4.58	-71.06	21.25	1
730315	3504335	730244.1	3504352	-227.32	200	13.1	14.62	4.88	-70.94	17	1
730325	3504335	730254.1	3504346	-170.67	200	21.12	9.19	4.55	-70.94	11.25	1
730315	3504345	730244.3	3504352	-205.27	200	13.07	14.58	4.87	-70.75	7	1
730325	3504345	730254.3	3504347	-146.81	200	21.13	9.09	4.5	-70.69	1.5	1
730315	3504355	730244.4	3504352	-180.05	200	13.06	14.46	4.83	-70.56	-3	1
730325	3504355	730254.7	3504347	-118.94	200	21.23	8.86	4.39	-70.31	-8.25	1
730315	3504365	730244.6	3504352	-161.13	200	13.06	14.33	4.79	-70.44	-12.75	1
730325	3504365	730255	3504347	-96.49	200	21.37	8.61	4.27	-70	-18	1

جدول ۴- ۳: نتایج اعمال تخمین عمق اویلر در منطقه موردمطالعه با اندازه پنجره ۲۰۰

۴–1۵– تخمین عمق طیف توان پس از به کار گرفتن روش طیف توان برای قسمتی از گیرید روند سطحی ۲، نمودار طیف توان آن رسم گردید. محدوده اعداد موج محاسبهشده برای طیف توان از صفرتا ۱۴۰ میباشد. محدوده نقاط ۵–۴۳، با توجه به بررسیها و نتایج حاصل از به کارگیری روش برآورد عمق طیف توان بر روی مدلهای مصنوعی، انتخاب شد. همان طور که از شکل (۴–۲۳) مشخص است، این بازه انتخابی دارای شیب ۲۵۲۶/ کیلومتر میباشد و عمق به دست آمده برای آن حدود ۲۰ متر برآورد شد؛ که با توجه به نتایج حفاری دارای خطای قابل توجهی است. همان طور که قبلاً اشاره شد، وقتی که توده موردمطالعه شیب دار باشد، روش طیف توان خطای قابل ملاحظهای را نشان می دهد.



شکل۴- ۲۶: تخمین عمق به روش طیف توان

۴–۱۶ مدلسازی سهبعدی

به منظور وارونسازی این بیهنجاری تعداد ۶۵۲۵ داده از نقشه بیهنجاری این محدوده، از نرمافزار ژئوسافت استخراج شد. این دادهها بهعنوان ورودی به نرمافزار وارد شدند؛ که نتایج وارونسازی در حالت بدون قید در شکلهای (۴–۲۴) تا (۴–۲۸) قابلمشاهده هستند. در شکل (۴–۲۴) تصاویر سلولهای با تباین کمتر از ۲/۱۵ نمایش داده نشدهاند و در شکلهای (۴–۲۵) و (۴–۲۶) سلولهای با تباین کمتر از ۲/۳ و همچنین در شکلهای (۴–۲۷) و (۴–۲۸) سلولهای با تباین کمتر از ۰/۵ نمایش داده نشده اند. نتایج وارون سازی مانند تخمین عمق اویلر و نتایج حفاری یک دایک شیبدار را نشان میدهد.



شکل۴-۲۷: نمای جنوبی و سه بعدی از مدل وارون سازی شده منطقه موردمطالعه با تباین بیشتر از ۱۸/۰





شکل۴– ۲۸: نمای جنوبی و سهبعدی از مدل وارون سازی شده منطقه موردمطالعه با تباین بیشتر از ۳/

شکل۴-۲۹: نمای جنوبی از مدل وارون سازی شده منطقه موردمطالعه با تباین بیشتر از ۲۳/۰



شکل۴-۳۰: نمای جنوبی و سهبعدی از مدل وارون سازی شده منطقه موردمطالعه با تباین بیشتر از ۰/۵



شکل۴-۳۱: نمای جنوبی و سهبعدی از مدل وارون سازی شده منطقه موردمطالعه با تباین بیشتر از ۱/۵

۴–۱۷ نتایج حفاری

به منظور اکتشاف کانسار مورد مطالعه، ۱۲ حلقه چاه اکتشافی در محل آنومالی حفرشده است؛ که نقشه محل حفر گمانه های اکتشافی در شکل (۴–۲۷) آمده است. گمانه های اکتشافی به صورت قائم و تا عمق حداکثر ۲۰ متر حفر شده اند. کمترین عمق کانسار، ۳ متر است؛ که در زیر رسوبات آبرفتی قرار گرفته است. همچنین در شکل (۴–۲۸) نیز موقعیت گمانه ها به همراه اسم گمانه و عمق بر خورد به ماده معدنی بر حسب متر (اعداد قرمز) آمده است.



شکل۴- ۳۲: موقعیت گمانههای حفاری



شکل۴- ۳۳: موقعیت گمانههای حفاری شده در محدوده مورد مطالعه به همراه عمق برخورد به ماده معدنی

فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱ جمعبندی و نتیجه گیری

- همان طور که در پردازش های انجام شده قابل ملاحظه است؛ یک آنومالی عمده در منطقه موردنظر قابلتشخیص میباشد. این آنومالی دارای امتداد جنوب شرقی- شمال غربی بوده و با توجه به شدت مغناطیسی (بیش از ۵۰۰۰۰ نانو تسلا) در قسمت غرب نسبت به شدت مغناطیسی یایین در سمت شرق می توان نتیجه گرفت که عمق آن از غرب به شرق افزایش می یابد. آنومالی موردنظر یکیارچه نبوده و در جهت امتداد کانسار شاهد تغییرات عمق و ضخامت هستیم. با توجه به نقشه تبدیل به قطب، قطب منفی در قسمت غربی کانسار بهطور محسوسی تضعیف شده است که نشان دهنده شیب زیاد کانسار در قسمت غربی و شیب کم کانسار در قسمت شرقی می باشد. با توجه به نقشه های ادامه فراسو، از لحاظ گسترش عمقی قسمت غربی گسترش عمقی کمتری نسبت به قسمت شرقی کانسار دارد. در منتهیالیه غربی آنومالی یک آنومالی بسیار کوچک دیده میشود که از آنومالی اصلی منفک بوده و با توجه نقشههای ادامه فراسو و تبدیل قطب می توان نتیجه گرفت که این آنومالی در عمق کم قرار دارد و گسترش عمقی آن نیز کم میباشد. محدوده اصلی کانسار را میتوان از روی نقشه سیگنال تحلیلی که منطبق بر شدتهای بالای سیگنال تحلیلی می باشد به خوبی مشاهده نمود. با توجه به نتایج تخمین عمق اویلر و مدلسازی سهبعدی یک شیب عمومی از غرب به شرق در بدنه اصلی کانسار به وضوح قابل مشاهده می باشد، که با اطلاعات حفاری مطابقت دارد .
- اگر روش تخمین عمق اویلر و طیف توان را با توجه به نتایج به دست آمده؛ با هم مقایسه
 کنیم در می یابیم؛ روش طیف توان برای کانسارهایی که شیب ندارند کارایی خوبی دارند ولی
 برای کانسارهای شیبدار؛ تخمین عمق با مقدار واقعی تفاوت دارد
 - اندازه پنجره در تخمین عمق اویلر باید دوبرابر عرض ناهنجاری باشد

 میزان گسترش شبکه برداشت در تخمین عمق طیف توان و مدلسازی سه بعدی تأثیر گذار میباشد

۲-۵ پیشنهادات

میزان گسترش شبکه برداشت در تخمین عمق طیف توان و مدلسازی سه بعدی تأثیرگذار می باشد در صورتی که در روش تخمین عمق اویلر تأثیری ندارد بنابراین پیشنهاد می شود تأثیر، میزان گسترش شبکه در روشهای تخمین عمق دیگر نیز بررسی گردد.

پيوست الف

میزان گستردگی محدوده اکتشافی باید به نحوی انتخاب شود که تمام محدوده موردمطالعه را پوشش دهد، علاوه بر آن میبایست نواری با عرض برابر یا بزرگتر از دو برابر عمق ساختار موردمطالعه را پوشش دهد. این قانون تجربی از فرمول زیر بهدستآمده است[۳۱].

$$x_{f} = \left[f^{2/3} - I \right]^{1/2} * d \tag{1-iu}$$

که در این رابطه d عمق و x_f فاصله افقی از ساختار موردمطالعه میباشد. بر اساس این فرمول در فاصله x_f و عمق d مقدار آنومالی به $\frac{1}{c}$ مقدار بیشینه خود خواهد رسید. طبق این فرمول در فاصله 2dمقدار آنومالی به ۱۰٪ مقدار بیشینه میرسد؛ بنابراین باید علاوه بر پوشش کل منطقه موردمطالعه، نواری با عرض ۲ برابر عمق ساختار را هم پوشش دهد. قانون تجربی فوق برای آنومالیهای گرانی ضعیفتر از آنومالی مغناطیس عمل میکند، زیرا میدان مغناطیسی زودتر افت پیدا میکند[۳۱]. برای بررسی این قانون تجربی و همچنین میزان گستردگی شبکه برداشت در تخمین عمق و مدلسازی دو مدل را با پارامترهای یکسان در نظر گرفتیم پارامترهای این دو مدل با دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری که در فصل قبل ایجادشده است برابراست؛ پس درنتیجه سه مدل داریم که میتوانیم تأثیر گستردگی شبکه برداشت را روی آنان بررسی کنیم. در مدل مصنوعی فصل ۳ میزان گستردگی شبکه برابر 2d می باشد، در مدل ۱ میزان گستردگی شبکه برداشت خیلی کمتر از 2d می باشد و در مدل ۲ میزان گستردگی شبکه برداشت خیلی بیشتر از 2d میباشد. در تخمین عمق اویلر میزان گستردگی شبکه تأثیر زیادی ندارد و تخمین عمق در هر سه مدل تقریباً با هم برابر هستند (شکلهای (۳-۱۰) ،(الف-۲) و(الف -۶)). ولی در تخمین عمق طیف میزان گستردگی شبکه تأثیر زیادی دارد و چنانچه گستردگی شبکه کمتر از 2d باشد؛ عمق را ۳ /۱۱ متر نشان میدهد شکل (الف-۳) . و چنانچه گستردگی شبکه از 2d خیلی بیشتر باشد تأثیری در تخمین عمق ندارد و عمق تخمینی مدل ۲ برابر

است با ۳۸ متر؛ که با مدل مصنوعی فصل ۳ اختلاف کمی دارد شکل(الف-۷). در مدلسازی سهبعدی نیز مانند روش طیف توان میزان گستردگی شبکه تأثیرگذار میباشد همان طور که در شکل (الف-۴) قابل ملاحظه است مدل سازی به طور کامل انجام نشده است و مدلسازی سهبعدی مدل ۲ با مدل مصنوعی فصل ۳ تقریباً باهم برابر است (شکل(الف-۸) و(۳–۳۳)).





شکل الف-۱: دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری با گسترش شبکه کمتر از 2d



 $2\mathbf{d}$ شکل الف- ۱: تخمین عمق اویلر برای دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری با گسترش شبکه کمتر از



شکل الف- ۲: تخمین عمق طیف توان برای دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری با گسترش شبکه کمتر از 2**d**


 $2\mathbf{d}$ شکل الف-۳: نمای غربی برای دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری با گسترش شبکه کمتز از

مد



 $2\mathbf{d}$ شکل الف- ۴: دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری با گسترش شبکه بیشتر از



 $2\mathbf{d}$ شکل الف-۵ : تخمین عمق اویلر برای دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری با گسترش شبکه بیشتر از



 $2\mathbf{d}$ شکل الف- ۶: تخمین عمق طیف توان برای دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری با گسترش شبکه بیشتر از



شکل الف- ۷: نمای غربی برای دایک قائم مدفون در عمق ۳۰ متری با گسترش شبکه بیشتر از 2**d**

پيوست ب



شکل ب- ۱: ستونچینه شناسی حفاریهای شماره ۱ و ۲



شکل ب- ۲: ستونچینه شناسی حفاریهای شماره ۳ و ۴



شکل ب- ۳: ستونچینه شناسی حفاریهای شماره ۵ و ۶



شکل ب-۴: ستونچینه شناسی حفاریهای شماره ۷ و ۸



شکل ب- ۵: ستونچینه شناسی حفاریهای شماره ۹ و ۱۰



شکل ب-۶ : ستونچینه شناسی حفاریهای شماره۱۱ و۱۲

منابع

۱-مشهدی, سید رضا. (۱۳۹۵). نگاهی بر مغناطیس سنجی و کاربردهای آن، *فصلنامه بلور (علمی تخصصی مهندسی* معدن) ۱۹

۲ – حیدریان شهری، محمدرضا. (۱۳۹۵). "مبانی اکتشافات ژئوفیزیک . "چاپ دانشگاه فردوسی مشهد ۳-شایسته فر محمدرضا, محمدی محمد, رضایی علی, & رنجبر حجت اله.(۱۳۹۰). اکتشاف کرومیت با استفاده از آنالیز دادههای مغناطیس سنجی هوایی ۱:۵۰۰۰۰ آبدشت، اسفندقه کرمان.

4-Dobrin, M. B., and Savit, C. H, 1998, "Geophysical Prospecting", Fourth edition, McGraw-Hill International Editions. ٥- تلفورد، دبليو ام، جلدارت، ال.پی، شريف، ار.ای، کيز، وی.ا، ترجمه زمرديان، ح، حاجب حسينيه ، ١٣٧۵، "ژئوفيزيک کاربردی ."انتشارات دانشگاه تهران

۶- ادوین،اس, رابینسون, کیت،کورو.مبانی اکتشافات ژئوفیزیک:دانشگاه فردوسی مشهد

۷-کریم پور، م .ح.، ۱۳۸۹ ،"اکتشاف ذخایر معدنی "انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۹۵۱

8- Butler RF.(1998). Paleomagnetism: Magnetic domains to geologic terranes. Electronic edition.

۹- میلسم، جان . (۲۰۰۳).مبانی برداشتهای ژئوفیزیک صحرایی . (ترجمه ایرج وثوقی). تبریز :انتشارات دانشگاه سهند تبریز

۱۰ – انصاری،عبدالحمید؛ مجتهد زاده، سیدحسن و علمدار،کمال.(۱۳۹۳). روش گرانی و مغناطیس در ژئوفیزیک اکتشافی. یزد : انتشارات دانشگاه یزد

۱۱-علمدار, کمال, & معدنچی, احمد. (۲۰۱۴). تبدیل به قطب آنومالی های مغناطیسی با استفاده از بسط سری تیلور

بامطالعه موردی در معدن سنگ آهن سیریز کرمان. روشهای تحلیلی و عددی در مهندسی معدن, ۴(۷), ۲۷–۳۳.

12-Fedi, M., Rapollam, A. and Russo, G., 1999 ."Upward continuation of scattered potential field data". Geophysics, 64, 443- 451.

۱۳-علمدار, کمال, & معدنچی, احمد. (۲۰۱۳). مروری بر روشهای جدایش آنومالیهای ناحیهای از باقیمانده در دادههای پتانسیل بامطالعه موردی دادههای ژئوفیزیک هوایی چهارگوش آباده به همراه تفسیر زمینشناسی. *روشهای* تحلیلی و عددی در مهندسی معدن, ۳(۵), ۵۰-۵۸. ۱۴- علمدار کمال, & انصاری عبدالحمید.(۱۳۸۷). استفاده از فیلتر مشتق قائم با مرتبههای متفاوت در تفسیر بیهنجاریهای میدان پتانسیل. مجله ژئوفیزیک ایران

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

17- Hsu, S. K., Sibuet, J. C., and Shyu, C. T., (1996). High-resolution detection of geologic boundaries from potential anomalies: An enhanced analytic signal technique, *Geophysics*, 61, 373–386.

۱۸- علمدار, کمال, & انصاری ,عبدالحمید. (۲۰۱۲). استفاده از معادله همگن اویلر در تخمین عمق ناهنجاریهای میدان پتانسیل. *نشریه علمی-پژوهشی مهندسی معدن*, ۶(۱۳), ۲۳-۳۵.

19-Stavrev, P. Y., (1997). Euler deconvolution using differential similarity transform of gravity or magnetic anomaly, Geophysical prospecting 45, 207-246.

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

21-Reid A, FitzGerald D, McInerny P, editors.(2003). Euler deconvolution of gravity data. 2003 SEG Annual Meeting; Society of Exploration Geophysicists.

22-Stavrev PY.(1997).Euler deconvolution using differential similarity transformations of gravity or magnetic anomalies. Geophysical Prospecting.

۲۳–رشوند, & اسکوئی. (۲۰۱۳). مقایسهٔ روش گرادیان افقی سیگنال تحلیلی و روش ترکیبی سیگنال تحلیلی-واهمامیخت اویلر با استفاده از دادههای مصنوعی در تفسیر ساختارهای زمین شناسی با خاصیت مغناطیسی. *فیزیک* زمین و فضا, ۳/(۴), ۱۰۵–۱۱۶.

۲۴–صفری عبدالرضا, شریفی محمدعلی, بحرودی عباس, & پرنگ سوران.(۱۳۹۳). تعیین اندازه پنجره و ضریب ساختار بهینه در تخمین عمق موهو به روش واهمامیخت اویلر (مطالعه موردی: محدوده زاگرس). نشریه علمی– پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره چهارم، شماره ۲

۲۵- اسدیصدر،رامین (۱۳۹۵)، پایاننامه کارشناسی ارشد:"تخمین عمق ناهنجاریهای مغناطیسی به روشهای اویلر و طیفتوان (مطالعه موردی سنگ آهن میامی)" ، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود.

26-Reid, A. B., Allsop, J. M., Granser, H., Millett, A. J., and Somerton, I. W.,(1990). Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution, Geophysics., 55, 80-91.

27-Spector A. and Grant F. S. (1970) "Statistical model for the interpreting of aeromagnetic data" J. of. Geophysics., 35, 293–302.

28-Menke, W. (1989). "Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory". Orlando, Fla.: Academic Press. Xii, 260.

۲۹-زینی احمد. (۱۳۹۶).گزارش نهایی زمین شناسی؛ شرکت پدیده گستران غرب

۳۰- سازمان زمینشناسی و اکتشافات معدنی کشور، نقشه زمینشناسی ۱:۱۰۰۰۰ ورقه کفه طاقستان

۳۱- نجاتی, علی. (۱۳۹۰) جزوه اکتشاف به روش مغناطیس, دانشگاه صنعتی شاهرود

Abstract

There are several methods for interpreting and processing potential field anomalies. In the depth estimation section, one can refer to the power spectrum method and the Euler deconvolution method, which is one of the most successful methods for geophysical data interpretation to identify the physical properties of geological structures modeling, more precisely. Euler's method is an automatic method for estimating the depth, shape and location of magnetic and gravity sources, based on the application of field derivatives in the homogeneous Euler equation. In applying Euler's method, the determination of structural index and window size are very important parameters, which greatly affect the responses. In the power spectrum method, interpreting the data is performed in the frequency domain to avoid the mathematical complexity related to spectrum calculation. If the logarithm of the power spectrum obtained from the Fourier transform of the potential field data is projected versus the wave number values, the dominant factor in the obtained spectrum shape is the depth factor of the anomaly origin, and thus various depth to origins of the anomaly is measurable using this graph. In 3D modeling, the Lee-Oldenburg algorithm was used and was processed by MAG3D software. In order to evaluate the efficiency of the above methods, artificial models were considered. After applying the noise values, Euler depth estimation methods, power spectrum and 3D modeling were applied to the models, to compare each of these methods and also evaluate the parameters that affected the responses. Since the structure of the study area is in the form of a dyke, six artificial dyke models were considered at two depths of 30 and 40 meters. In the next step, using Euler depth estimation methods, power spectrum and 3D depth modeling, location and geometry of Shavvaz ore deposit was studied.

Keywords: Magnetometry, Depth Estimation, Euler deconvolution, Energy power spectrum, Lee-Oldenberg Inversion, Artificial Model, Shavvaz Yazd Province



Shahrood University of Technology Faculty of mining, Petroleum and Geophysics

Processing and interpretation of magnetic data Shavaz region (Yazd province)- Iran

Hamid Danesh

Supervisor

Dr. Ali Nejati Kalateh

Dr. Alireza Arab Amiri

July 2019