دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

مهندسی اکتشاف نفت

پایان نامه کارشناسی ارشد

شناسایی دقیق مرزهای توده آنومال در اکتشاف روش‌های میدان پتانسیل با فیلترهای فاز محلی

دانشجو: **آرش حدادیان**

اساتید راهنما:

دکتر فرامرز دولتی ارده‌جانی

دکتر علی مرادزاده

استاد مشاور:

دکتر علی نجاتی کلاته

تیر ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده: مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه: اکتشاف نفت

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای آرش حدادیان

تحت عنوان: شناسایی دقیق مرزهای توده آنومال در اکتشاف روش های میدان پتانسیل با فیلترهای فاز محلی

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

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی: **دکتر فرامرز دولتی اردەجانی**		نام و نام خانوادگی: **دکتر علی نجاتی کلاته**	
نام و نام خانوادگی: **دکتر علی مرادزاده**		نام و نام خانوادگی:	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی :	
نام و نام خانوادگی:			
نام و نام خانوادگی:			

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

تقدیر و تشکر

هر کس به من کلمه‌ای بیاموزد مرا بنده خود خواهد ساخت.

امام علی (ع)

اینک که به توفیق پروردگار، این پایان نامه را به پایان رسانده‌ام وظیفه خود می‌دانم تا از زحمات گرانقدر عزیزانی که در مراحل مختلف این تحقیق کمک‌های شایانی نموده‌اند، تشکر و قدردانی کنم. در ابتدا لازم می‌دانم که از زحمات جناب آقای دکتر فرامرز دولتی اردەجانی و آقای دکتر علی مرادزاده که زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند و با رهنمودهایشان مرا تا پایان مسیر کمک کردند، کمال تشکر و سپاسگزاری را داشته باشم. در انتها نیز جا دارد که از زحمات بی دریغ و راهنمایی‌های ارزشمند جناب آقای دکتر علی نجاتی کلاته صمیمانه کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

دانشجو تأیید می نماید که مطالب مندرج دراین پـایان نامه نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد .

تیر ماه ۱۳۹۰

چکیده

استفاده از روش‌های ژئوفیزیکی و اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی سنگ‌های زیرسطحی راه حل مناسبی برای اکتشاف ذخایر مدفون در زیر زمین (از قبیل نفت، گاز، آب، کانی‌ها و...) می‌باشند. کاوش‌های گرانی‌سنجی و مغناطیسی به دلیل سادگی و کم هزینه بودن از جمله روش‌های پرکاربرد ژئوفیزیکی هستند که برای اکتشافات مقدماتی به کار می‌روند. برای تفسیر خودکار داده‌های برداشت شده توسط این دو روش تاکنون روش‌های متعددی ارائه شده است.

در این تحقیق با استفاده از فیلترهای فاز محلی به شناسایی مرز چشمه‌های بی‌هنجار پرداخته می‌شود و نتایج به دست آمده، با فیلترهای دیگر مانند سیگنال تحلیلی، مشتق افقی کل و انحراف معیار نرمال شده مقایسه می‌گردد. برای این منظور ابتدا کدها و توابع مورد نیاز با استفاده از نرم افزار متلب تهیه و سپس این فیلترها بر روی مدل‌های مصنوعی اعمال شدند تا قابلیت هر کدام از این فیلترها در شناسایی مرز چشمه‌های بی‌هنجار مشخص گردد. با اعمال این فیلترها بر روی داده‌های گرانی و مغناطیس حاصل از مدل‌های مصنوعی مشاهده می‌شود که فیلتر انحراف معیار نرمال شده بهترین نتیجه را ارائه می‌دهد. در انتها این فیلترها بر روی داده‌های گرانی و میدان کل مغناطیسی حوضه رسوبی ساوه به عنوان داده‌های واقعی اعمال گردیدند. در این مورد نیز نتایج نشان می‌دهد که فیلتر انحراف معیار نرمال شده نسبت به دیگر فیلترها نتایج مطلوب‌تری ارائه می‌دهد و به خوبی ساختمان‌های زمین‌شناسی موجود در منطقه، مانند گسل‌ها و گنبدنمکی احتمالی را مشخص می‌نماید.

کلمات کلیدی: کاوش‌های گرانی سنجی، کاوش‌های مغناطیسی، فیلترهای فاز محلی، مشتق افقی کل، سیگنال تحلیلی، انحراف معیار نرمال شده، گرادیان افقی، گرادیان قائم.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ سوابق مطالعات انجام شده در تفسیر خودکار داده‌های میدان پتانسیل ۳

۱-۳ ضرورت و اهداف انجام پایان نامه ۵

۱-۴ روش تحقیق ۵

۱-۵ ساختار پایان نامه ۶

فصل دوم: مبانی کاوش‌های گرانی سنجی و مغناطیسی ۷

۲-۱ مقدمه ۸

۲-۲ روش گرانی سنجی ۸

۲-۲-۱ شتاب جاذبه ۹

۲-۲-۲ پتانسیل گرانشی ۱۰

۲-۲-۳ محاسبه اثر گرانی یک توده سه بعدی به روش مستقیم ۱۰

۲-۳ روش مغناطیس سنجی ۱۴

۲-۳-۱ شدت میدان مغناطیسی ۱۴

۲-۳-۲ مغناطیدگی ۱۵

۲-۳-۳ محاسبه اثر مغناطیسی یک توده سه بعدی به روش مستقیم ۱۷

فصل سوم: روش‌های شناسایی مرز چشمه‌های بی‌هنجار ۱۹

۳-۱ مقدمه ۲۰

۳-۲ مشتقات افقی کل ۲۰

۳-۳ سیگنال تحلیلی ۲۴

۳-۳-۱ تبدیل فوریه ۲۴

۳-۳-۲ تبدیل هیلبرت ۲۷

۳-۳-۳ کاربرد سیگنال تحلیلی در میدان‌های پتانسیل ۲۸

۳-۴ فیلترهای فازمحلی ۳۹

۳-۴-۱ زاویه تمایل ۴۰

۳-۴-۲ مشتق افقی کل زاویه تمایل ۴۲

۳-۴-۳ نقشه تتا ۴۴

۳-۴-۴ هایپربولیک زاویه تمایل ۴۸

۳-۴-۵ گرادیان افقی کل نرمال شده ۴۸

۳-۵ انحراف معیار نرمال شده ۴۹

۳-۶ مشتق عمودی نرمال شده مشتق افقی کل ۵۰

فصل چهارم: مقایسه نتایج اعمال فیلترهای شناسایی مرز چشمه‌های بی‌هنجار بر روی مدل‌های مصنوعی ۵۲

۴-۱ مقدمه ۵۳

۴-۲ مدل مصنوعی دو چهار وجهی قائم ۵۳

۴-۳ مدل مصنوعی سه مکعب قائم ۵۷

۴-۳ مدل مصنوعی محل برخورد قائم و شیب‌دار ۵۹

۴-۴ مدل مصنوعی گسل لغزشی نرمال به همراه سه مکعب قائم ۶۴

فصل پنجم: شناسایی مرزهای بی‌هنجاری در حوضه رسوبی ساوه ۶۸

۵-۱ مقدمه..... ۶۹

۵-۲ موقعیت جغرافیایی و وضعیت زمین شناسی منطقه ۶۹

۵-۳ نقشه های بی‌هنجاری میدان پتانسیل حوضه رسوبی ساوه ۷۱

۵-۴ اعمال فیلترهای شناسایی مرز چشمه‌های بی‌هنجار بر روی داده‌های میدان پتانسیل حوضه رسوبی ساوه ۷۴

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۸۰

۶-۱ نتیجه‌گیری..... ۸۱

۶-۲ پیشنهادات ۸۲

فهرست منابع ۸۳

پیوست (الف).....۸۶

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱ توده سه بعدی با چگالی ρ و شکل دلخواه ۱۱

شکل ۲-۲ تخمین یک توده سه بعدی توسط مجموعه‌ای از منشورهای مستطیلی ۱۳

شکل ۳-۱ آنومالی مغناطیسی، آنومالی شبه گرانی و گرادیان افقی یک توده آنومال دو بعدی ۲۱

شکل ۳-۲ موقعیت نقاط شبکه برای پیدا کردن یک مقدار ماکزیمم برای گرادیان افقی آنومالی‌های گرانی یا مغناطیس در مجاورت نقطه $g_{i,j}$ ۲۳

شکل ۳-۳ (الف) چند ضلعی دو بعدی با مغناطیدگی یکنواخت. (ب) n ضلعی را می‌توان با 2n ورقه نیمه بی‌نهایت جایگزین کرد، دو ورقه در هر گوشه، بدون آنکه آنومالی مغناطیسی تغییر کند ۳۰

شکل ۳-۴ منحنی زنگوله‌ای شکل اندازه سیگنال تحلیلی ۳۱

شکل ۳-۵ سیگنال تحلیلی یک توده ذوزنقه‌ای شکل (منحنی پررنگ). سیگنال تحلیلی محاسبه شده بر روی هر رأس نیز توسط خط تیره نشان داده شده‌اند ۳۲

شکل ۳-۶ اندازه سیگنال تحلیلی بر روی یک توده ذوزنقه‌ای شکل ۳۴

شکل ۳-۷ اندازه مشتق مرتبه دوم سیگنال تحلیلی بر روی یک توده ذوزنقه‌ای شکل ۳۴

شکل ۳-۸ مشتقات افقی، عمودی و اندازه سیگنال تحلیلی محاسبه شده برای بی‌هنجاری میدان مغناطیسی کل ناشی از یک منشور مربعی. موقعیت نقاط ماکزیمم و شکل این سیگنال می‌توانند برای شناسایی مرزهای چشمه بی‌هنجار و تخمین عمق آن مورد استفاده قرار گیرند ۳۸

شکل ۳-۹ بی‌هنجاری گرانی (mGal)، مشتق افقی کل (mGal/km)، مشتق عمودی مرتبه اول (mGa/km)، سیگنال تحلیلی (mGal/km) و زاویه تمایل محاسبه شده بر روی دو بلوک در اعماق ۲ و ۷ کیلومتر ۴۱

شکل ۳-۱۰ بی‌هنجاری میدان کل، زاویه تمایل و مشتق افقی کل زاویه تمایل محاسبه شده بر روی یک بلوک دو بعدی که در میدان‌های مغناطیسی با شیب‌های ۰ ،۳۰ ، ۶۰ و۹۰ درجه قرار گرفته است..... ۴۳

شکل ۳-۱۱ بی‌هنجاری میدان کل (ΔT)، سیگنال تحلیلی (ASA) و نقشه تتا بر روی یک کنتاکت عمودی بین یک بلوک متشکل از مواد مستعد پذیرش خاصیت مغناطیسی (سایه خاکستری) و یک پس زمینه با خودپذیری مغناطیسی (k) صفر. جهت میدان مغناطیسی از راست به چپ و جهت مغناطیدگی چشمه بی‌هنجار نیز توسط پیکان نشان داده شده است..... ۴۵

شکل ۳-۱۲ بی‌هنجاری میدان کل (ΔT)، سیگنال تحلیلی (ASA) و نقشه تتا بر روی یک کنتاکت با شیب ۴۵ درجه بین یک بلوک متشکل از مواد مستعد پذیرش خاصیت مغناطیسی (سایه خاکستری) و یک پس زمینه با خودپذیری مغناطیسی (k) صفر. جهت میدان مغناطیسی از راست به چپ و جهت مغناطیدگی چشمه بی‌هنجار نیز توسط پیکان نشان داده شده است ۴۶

شکل ۳-۱۳ بی‌هنجاری میدان کل (ΔT)، سیگنال تحلیلی (ASA) و نقشه تتا بر روی یک دایک عمودی بین یک بلوک متشکل از مواد مستعد پذیرش خاصیت مغناطیسی (سایه خاکستری) و یک پس زمینه با خودپذیری مغناطیسی (k) صفر. جهت میدان مغناطیسی از راست به چپ و جهت مغناطیدگی چشمه بی‌هنجار نیز توسط پیکان نشان داده شده است ۴۷

شکل ۴-۱ پلان دو چهار وجهی قائم به همراه بی‌هنجاری گرانی (الف) و میدان کل مغناطیسی (ب) ناشی از این مدل؛ نویز تصادفی با دامنه‌ای برابر با ٪ ۰/۰۱ دامنه داده‌ها به آن‌ها اضافه شده است ۵۵

شکل ۴-۲ نتایج اعمال فیلترهای شناسایی مرزهای بی‌هنجار بر روی داده‌های گرانی مدل دو چهار وجهی قائم. (الف) مشتق افقی کل، (ب) سیگنال تحلیلی، (پ) مشتق افقی کل زاویه تمایل، (ت) نقشه تتا، (ث) هایپربولیک زاویه تمایل، (ج) گرادیان افقی کل نرمال شده، (چ) مشتق عمودی نرمال شده مشتق افقی کل، (ح) انحراف معیار نرمال شده (window size=3)، (خ) انحراف معیار نرمال شده (window size=5) ۵۵

شکل ۴-۳ نتایج اعمال فیلترهای شناسایی مرزهای بی‌هنجار بر روی داده‌های میدان کل مغناطیسی مدل دو چهار وجهی قائم. (الف) مشتق افقی کل، (ب) مشتق مرتبه اول سیگنال تحلیلی، (پ) مشتق افقی کل زاویه تمایل، (ت) نقشه تتا، (ث) هایپربولیک زاویه تمایل، (ج) گرادیان افقی کل نرمال شده، (چ) مشتق

عمودی نرمال شده مشتق افقی کل، (ح) انحراف معیار نرمال شده (window size=3)، (خ) انحراف معیار نرمال شده (window size=5) ۵۶

شکل ۴-۴ (الف) پلان سه مکعب قائم به همراه بی‌هنجاری گرانی ناشی از این مدل؛ نویز تصادفی نیز با دامنه‌ای برابر با ۰/۰۱٪ دامنه داده‌ها به آنها اضافه شده است. (ب) مشتق افقی کل، (پ) مشتق مرتبه اول سیگنال تحلیلی، (ت) مشتق افقی کل زاویه تمایل، (ث) نقشه تتا، (ج) هایپربولیک زاویه تمایل، (چ) گرادیان افقی کل نرمال شده، (ح) مشتق عمودی نرمال شده مشتق افقی کل، (خ) انحراف معیار نرمال شده (window size=3) ۵۷

شکل ۴-۵ (الف) پلان سه مکعب قائم به همراه بی‌هنجاری میدان کل مغناطیسی ناشی از این مدل؛ نویز تصادفی نیز با دامنه‌ای برابر با ۰/۰۱٪ دامنه داده‌ها به آنها اضافه شده است. (ب) مشتق افقی کل، (پ) سیگنال تحلیلی، (ت) مشتق افقی کل زاویه تمایل، (ث) نقشه تتا، (ج) هایپربولیک زاویه تمایل، (چ) گرادیان افقی کل نرمال شده، (ح) مشتق عمودی نرمال شده مشتق افقی کل، (خ) انحراف معیار نرمال شده (window size=3) ۵۸

شکل ۴-۶ نمایش سه بعدی (الف) کنتاکت قائم و (ب) کنتاکت با شیب ۴۵ درجه..... ۶۰

شکل ۴-۷ (الف) بی‌هنجاری گرانی ناشی از یک کنتاکت قائم؛ نویز تصادفی نیز با دامنه‌ای برابر با ۰/۰۱٪ دامنه داده‌ها به آن‌ها اضافه شده است. (ب) مشتق افقی کل، (پ) سیگنال تحلیلی، (ت) مشتق افقی کل زاویه تمایل، (ث) نقشه تتا، (ج) هایپربولیک زاویه تمایل، (چ) گرادیان افقی کل نرمال شده، (ح) مشتق عمودی نرمال شده مشتق افقی کل، (خ) انحراف معیار نرمال شده (window size=3)..... ۶۰

شکل ۴-۸ (الف) بی‌هنجاری میدان کل مغناطیسی ناشی از یک کنتاکت قائم؛ نویز تصادفی نیز با دامنه‌ای برابر با ۰/۰۱٪ دامنه داده‌ها به آن‌ها اضافه شده است. (ب) مشتق افقی کل، (پ) سیگنال تحلیلی، (ت) مشتق افقی کل زاویه تمایل، (ث) نقشه تتا، (ج) هایپربولیک زاویه تمایل، (چ) گرادیان افقی کل نرمال شده، (ح) مشتق عمودی نرمال شده مشتق افقی کل، (خ) انحراف معیار نرمال شده (window size=3) ۶۱

شکل ۴-۹ (الف) بی‌هنجاری گرانی ناشی از یک کنتاکت با شیب ۴۵ درجه؛ نویز تصادفی نیز با دامنه‌ای برابر با ۰/۰۱٪ دامنه داده‌ها به آن‌ها اضافه شده است. (ب) مشتق افقی کل، (پ) سیگنال تحلیلی، (ت)

مشتق افقی کل زاویه تمایل، (ث) نقشه تتا، (ج) هایپربولیک زاویه تمایل، (چ) گرادیان افقی کل نرمال شده، (ح) مشتق عمودی نرمال شده مشتق افقی کل، (خ) انحراف معیار نرمال شده (window size=3) ۶۳

شکل ۴-۱۰ (الف) بی‌هنجاری میدان کل مغناطیسی ناشی از یک کنتاکت با شیب ۴۵ درجه؛ نویز تصادفی نیز با دامنه‌ای برابر با ٪۰/۰۱ دامنه داده‌ها به آن‌ها اضافه شده است. (ب) مشتق افقی کل، (پ) سیگنال تحلیلی، (ت) مشتق افقی کل زاویه تمایل، (ث) نقشه تتا، (ج) هایپربولیک زاویه تمایل، (چ) گرادیان افقی کل نرمال شده، (ح) مشتق عمودی نرمال شده مشتق افقی کل، (خ) انحراف معیار نرمال شده (window size=3) ۶۴

شکل ۴-۱۱ نمایش سه بعدی گسل لغزشی نرمال به همراه سه مکعب قائم..... ۶۵

شکل ۴-۱۲ (الف) بی‌هنجاری گرانی ناشی از یک گسل لغزشی نرمال به همراه سه مکعب قائم؛ نویز تصادفی نیز با دامنه‌ای برابر با ٪۰/۰۱ دامنه داده‌ها به آن‌ها اضافه شده است. (ب) مشتق افقی کل، (پ) سیگنال تحلیلی، (ت) مشتق افقی کل زاویه تمایل، (ث) نقشه تتا، (ج) هایپربولیک زاویه تمایل، (چ) گرادیان افقی کل نرمال شده، (ح) مشتق عمودی نرمال شده مشتق افقی کل، (خ) انحراف معیار نرمال شده ۶۶

شکل ۴-۱۳ (الف) بی‌هنجاری میدان کل مغناطیسی ناشی از یک گسل لغزشی نرمال به همراه سه مکعب قائم؛ نویز تصادفی نیز با دامنه‌ای برابر با ٪۰/۰۱ دامنه داده‌ها به آن‌ها اضافه شده است. (ب) مشتق افقی کل، (پ) سیگنال تحلیلی، (ت) مشتق افقی کل زاویه تمایل، (ث) نقشه تتا، (ج) هایپربولیک زاویه تمایل، (چ) گرادیان افقی کل نرمال شده، (ح) مشتق عمودی نرمال شده مشتق افقی کل، (خ) انحراف معیار نرمال شده..... ۶۷

شکل ۵-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه و راه‌های دسترسی ۶۹

شکل ۵-۲ نقشه زمین شناسی حوضه رسوبی ساوه به همراه نقاط برداشت داده‌های گرانی و مغناطیس ۷۰

شکل ۵-۳ نقشه بی‌هنجاری گرانی حوضه رسوبی ساوه بر روی نقشه زمین شناسی ۷۳

شکل ۵-۴ نقشه بی‌هنجاری میدان کل مغناطیسی حوضه رسوبی ساوه بر روی نقشه زمین شناسی ۷۳

شکل ۵-۵ نقشه برگردان به قطب بی‌هنجاری میدان کل مغناطیسی حوضه رسوبی ساوه ۷۴

شکل ۵-۶ نتایج حاصل از اعمال فیلترهای شناسایی مرزهای بی‌هنجار بر روی داده‌های گرانی حوضه رسوبی ساوه. (الف) مشتق افقی کل زاویه تمایل، (ب) نقشه تتا، (پ) هایپربولیک زاویه تمایل ، (ت) گرادیان افقی کل نرمالیزه شده، (ج) مشتق افقی کل ، (چ) سیگنال تحلیلی، (ح) مشتق عمودی نرمال شده‌ی مشتق افقی کل، (خ) انحراف معیار نرمال شده ۷۵

شکل ۵-۷ نتایج حاصل از اعمال فیلترهای شناسایی مرزهای بی‌هنجار بر روی داده‌های میدان کل مغناطیسی حوضه رسوبی ساوه. (الف) مشتق افقی کل زاویه تمایل، (ب) نقشه تتا، (پ) هایپربولیک زاویه تمایل، (ت) گرادیان افقی کل نرمالیزه شده، (ج) مشتق افقی کل ، (چ) سیگنال تحلیلی، (ح) مشتق عمودی نرمال شده‌ی مشتق افقی کل، (خ) انحراف معیار نرمال شده ۷۶

شکل ۵-۸ نقشه حاصل از اعمال فیلتر انحراف معیار نرمال شده بر روی بی‌هنجاری گرانی حوضه رسوبی ساوه به همراه نقشه زمین شناسی ۷۸

شکل ۵-۹ نقشه حاصل از اعمال فیلتر انحراف معیار نرمال شده بر روی بی‌هنجاری گرانی حوضه رسوبی ساوه ۷۸

شکل ۵-۱۰ نقشه زمین شناسی حوضه رسوبی ساوه ۷۹

فهرست جداول

جدول ۲-۱ خودپذیری مغناطیسی سنگ‌ها و کانی‌های گوناگون. ۱۶

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

کمی بیش از یک قرن پیش جستجو برای نفت شروع شد اما پیش از آن ابزارهای متعددی مانند کمپاس برای جستجوی ذخایر معدنی (کانسار آهن) به کار برده شده بود. امروزه صرفاً با به کارگیری اطلاعات زمین‌شناسی نمی‌توان ذخایر هیدروکربوری و یا معدنی را جستجو کرد. روش‌های ژئوفیزیکی از جمله روش‌هایی می‌باشند که در اکتشاف ذخایر مذکور کارایی بالایی دارند. هدف اصلی بررسی‌های ژئوفیزیکی تعیین محل ساختارهای زمین شناسی و در صورت امکان اندازه‌گیری ابعاد و ویژگی‌های فیزیکی آن‌هاست. به عنوان مثال در اکتشاف نفت، هدف به دست آوردن اطلاعات ساختاری است زیرا نفت با ساختارهای زمین‌شناسی خاصی مانند تاقدیس، گسل و ... در ارتباط می‌باشد. کاوش‌های گرانی سنجی[۱] و مغناطیسی[۲] دو شاخه از روش‌های ژئوفیزیک کاربردی (اکتشافی) می‌باشند که جهت اکتشافات مقدماتی و بررسی وضعیت ساختمان‌های زیر سطحی، وسعت و ضخامت حوضه‌های رسوبی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تمامی روش‌های ژئوفیزیکی صرف نظر از نوع آن‌ها، از سه مرحله برداشت، پردازش و تفسیر تشکیل شده‌اند که مهم‌ترین مرحله، تفسیر نتایج به دست آمده است. برای تفسیر داده‌های ژئوفیزیکی دو مرحله اصلی را می‌توان برشمرد:

(۱) تفسیر کیفی- نیمه کمی[۳] که در این مرحله از میان بسیاری از بی‌هنجاری‌های احتمالی، تعداد کمی از آن‌ها برای مطالعات بیشتر انتخاب می‌شوند.

(۲) تفسیر کمی که در این مرحله نتایج برای اهداف از قبل انتخاب شده تصفیه می‌شوند و یک تفسیر زمین شناسی کامل شامل یک محل برای حفاری به دست می‌آید.

---

[۱] Gravity Survey
[۲] Magnetic Survey
[۳] Semiquantitative

مرحله اول معمولاً بسیار وقت‌گیر می‌باشد و تاکنون تلاش‌های بسیاری جهت انجام یک تفسیر خودکار[۱] برای داده‌های ژئوفیزیکی و به ویژه داده‌های میدان پتانسیل انجام شده است [۱].

۱-۲ سوابق مطالعات انجام شده در تفسیر خودکار داده‌های میدان پتانسیل

برای تفسیر خودکار داده‌های میدان پتانسیل روش‌های مختلفی وجود دارد که با ورود رایانه‌ها به این عرصه ارائه شده‌اند. در اوایل دهه هفتاد موجی از مقالات در ارتباط با پردازش رایانه‌ای خودکار داده‌های دو بعدی میدان پتانسِل نوشته شد (هارتمن[۲] و همکاران [۲]، اُبرین[۳] [۳]، نادی[۴] [۴]). در تمامی این روش‌ها محدودیت‌هایی مانند نوع چشمه بی‌هنجار (منشور قائم، دایک و ...) وجود داشت. به همین خاطر نبیقیان[۵] در سال ۱۹۷۲ سیگنال تحلیلی دو بعدی را معرفی نمود [۵] و سپس در سال ۱۹۸۴ با توسعه روابط موجود سیگنال تحلیلی سه بعدی را ارائه کرد [۱]. در سال‌های اخیر این روش توسعه بیشتری یافته است و افراد زیادی در این زمینه تحقیقات متعددی ارائه نمودند که از آن جمله می‌توان به روئست[۶] [۶]، دبگلیا و کرپل[۷] [۷]، احمد سالم[۸]][و ژانگ لی[۹] [۹] اشاره کرد. تمامی این افراد از سیگنال تحلیلی به عنوان روشی برای شناسایی مرزهای چشمه‌های بی‌هنجار میدان پتانسیل استفاده کرده‌اند.

---

[۱] Automatic interpretation
[۲] Hartman
[۳] O'Brien
[۴] Naudy
[۵] Misac N. Nabighian
[۶] Walter R. Roest
[۷] Nicole Debeglia & Jacques Corpel
[۸] Ahmed Salem
[۹] Xiong Li

روش متداول دیگری که برای شناسایی مرزهای بی‌هنجاری استفاده می‌شود، مشتق افقی کل نام دارد که در سال ۱۹۷۹ توسط کردل[۱] برای داده‌های گرانی معرفی شد [۱۰] و در سال ۱۹۸۵ توسط کردل و گراچ[۲] برای داده‌های مغناطیسی نیز به کار برده شد [۱۱]. وانگ وانین[۳] و همکاران او در سال ۲۰۰۹ با استفاده از مشتق عمودی و نرمال سازی، این روش را بهبود بخشیدند [۱۲].

اندازه‌گیری فاز محلی میدان‌های پتانسیل نیز می‌تواند کمک موثری برای تفسیر آن‌ها باشد. تاکنون فیلترهای متعددی بر اساس فاز محلی معرفی شده است. میلر و سینگ[۴] در سال ۱۹۹۴ برای اولین بار فیلتر فاز محلی زاویه تمایل را معرفی نمودند [۱۳]. سپس وردوزکو [۵] و همکاران او مشتق افقی کل زاویه تمایل [۱۴] و وینز[۶] [۱۵] نقشه تتا را به منظور بالا بردن قدرت تفکیک بی‌هنجاری‌ها پیشنهاد نمودند. کوپر و کوان[۷] در سال ۲۰۰۶ در تحقیقی این فیلترها را با یکدیگر مقایسه و فیلترهای هایپربولیک زاویه تمایل و گرادیان افقی کل نرمالیزه شده را برای بهبود شناسایی مرزهای چشمه‌های بی‌هنجار معرفی کردند [۱۶]. اما نتایج به دست آمده از فیلترهای فاز محلی علیرغم بهبود شناسایی مرزهای بی‌هنجاری، به خصوص در نواحی‌ای که داده‌ها هموار باشند، باز هم دارای کیفیت در خور توجهی نمی‌باشند. به همین دلیل کوپر و کوان در سال ۲۰۰۸ فیلتر انحراف معیار نرمال شده را معرفی کردند که دارای نتایج بسیار دقیق‌تر و با جزئیات بیشتری می‌باشد [۱۷].

---

۱ Lindrith Cordell
۲ V. J. S. Grauch
۳ Wang Wanyin
۴ Hugh G. Miller & Vijay Singh
۵ Bruno Verduzco
۶ Chris Wijns
۷ Gordon R. J. Cooper & Duncan R. Cowan