

فراگیرترین مرجع نظام فنی و اجرایی کشور

shaghool.ir

دستورالعمل شرح خدمات و تعیین حق الزحمه مطالعات ژئوفیزیک



شناسنامه

| | |
|--------------------------|--|
| عنوان | دستورالعمل شرح خدمات و تعیین حق الزحمه مطالعات ژئوفیزیک |
| تایپ و کنترل و صفحه‌بندی | زهرا رهبر |
| تهیه‌کننده | بر پایه ضابطه سازمان برنامه و بودجه کشور |
| نگارش | یکم |
| تاریخ | ۹۹/۰۶/۲ |

| | | |
|---|------------|--|
| شماره: | ۹۸/۳۸۶۷۵۵ | بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی و مهندسان مشاور |
| تاریخ: | ۱۳۹۸/۰۷/۱۵ | |
| موضوع: دستورالعمل شرح خدمات و تعیین حق الزحمه مطالعات ژئوفیزیک، سال ۱۳۹۸ | | |
| <p>براساس ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور، موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۵۳۳۴۹۷ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیئت محترم وزیران و به‌استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه، به پیوست "دستورالعمل شرح خدمات و تعیین حق الزحمه مطالعات ژئوفیزیک" در یکصد و نوزده صفحه که مبنای آن به تصویب شورای عالی فنی رسیده است، از نوع گروه دوم (لازم‌الاجرا) ابلاغ می‌شود تا برای پرداخت هزینه خدمات از تاریخ ۹۸/۰۱/۰۱ به بعد، به‌مورد اجرا گذاشته شود.</p> <p>چنانچه انتخاب مشاور برای انجام مطالعات ژئوفیزیک به روش تعرفه، موضوع بند (۶) ماده (۱۶) آئین‌نامه خرید خدمات مشاوره، مصوبه شماره ۱۹۳۵۴۲/ت/۴۲۲۹۸۶ ک مورخ ۱۳۸۸/۱۰/۱، انجام شده باشد، اعمال هرگونه ضریب افزایشی یا کاهش (پلوس یا مینوس) به دستورالعمل پیوست ممنوع است. همچنین استفاده از این تعرفه در روش‌های انتخاب براساس کیفیت (QBS) و انتخاب بر اساس کیفیت و قیمت (QCBS) ممنوع است. تأکید می‌شود که تعرفه‌های پیوست، با رعایت مشخصات فنی ارائه شده، قابل اعمال است.</p> | | |
|  <p>محمد باقر نوبخت</p> | | |

فهرست مطالب

عنوان

مقدمه

فصل اول روش مقاومت ویژه الکتریکی

۱-۱ کلیات

۱-۱-۱ معرفی روش

۱-۱-۲ حوزه‌های کاربرد

۲-۱ انجام عملیات صحرائی و برداشت اطلاعات

۱-۲-۱ طراحی عملیات صحرائی

۲-۲-۱ شبکه‌بندی و آرایش‌های صحرائی

۳-۲-۱ برداشت‌های صحرائی

۴-۲-۱ پردازش و تفسیر اطلاعات

۳-۱ مشخصات کادر فنی و تجهیزات

۱-۳-۱ مشخصات فنی دستگاه‌ها و تجهیزات

۲-۳-۱ مشخصات کادر فنی انجام خدمات

۳-۳-۱ چک‌لیست وسایل و کارکنان

۴-۱ نحوه محاسبه حق‌الزحمه

۱-۴-۱ عوامل تأثیرگذار در هزینه

۲-۴-۱ بازده

۳-۴-۱ ضریب شرایط مختلف اقلیمی

۴-۴-۱ تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش مقاومت ویژه الکتریکی

فصل دوم - روش پلاریزاسیون القایی

۲-۱ کلیات

۱-۱-۱ معرفی روش

۲-۱-۱ حوزه‌های کاربرد

۲-۱ انجام عملیات صحرائی و برداشت اطلاعات

۱-۲-۱ طراحی عملیات صحرائی

۲-۲-۱ شبکه‌بندی و آرایش‌های صحرائی

۳-۲-۱ برداشت‌های صحرائی

۴-۲-۱ پردازش و تفسیر اطلاعات

۲-۱ مشخصات کادر فنی و تجهیزات

۱-۳-۱ مشخصات فنی دستگاه‌ها و تجهیزات

۲-۳-۱ مشخصات کادر فنی انجام خدمات

۳-۳-۱ چک‌لیست وسایل و کارکنان

۲-۱ نحوه محاسبه حق الزحمه

۱-۴-۱ عوامل تأثیرگذار در هزینه‌ها

۲-۴-۱ بازده

۳-۴-۱ ضریب شرایط مختلف اقلیمی

۴-۴-۱ تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش الکتریکی

فصل سوم- روش مغناطیس‌سنجی

۱-۳ کلیات

۱-۱-۳ معرفی روش

۲-۱-۳ حوزه‌های کاربرد

۲-۳ انجام عملیات صحرائی و برداشت اطلاعات

۱-۲-۳ طراحی عملیات صحرائی

۲-۲-۳ طراحی شبکه مغناطیس‌سنجی و انتخاب روش

۳-۲-۳ برداشت‌های صحرائی

۴-۲-۳ پردازش و تفسیر اطلاعات

۳-۳ مشخصات کادر فنی و تجهیزات

- ۱-۳-۳ مشخصات فنی دستگاه‌ها
- ۲-۳-۳ مشخصات کادر فنی انجام خدمات
- ۳-۳-۳ چک‌لیست وسایل و کارکنان
- ۴-۳ نحوه محاسبه حق‌الزحمه
- ۱-۴-۳ عوامل تأثیرگذار در هزینه‌ها
- ۲-۴-۳ بازده
- ۳-۴-۳ ضریب شرایط مختلف اقلیمی و منطقه‌ای
- ۴-۴-۳ تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش مغناطیس‌سنجی

فصل چهارم-روش لرزه‌نگاری انکساری

۱-۴ کلیات

- ۱-۱-۴ معرفی روش
- ۲-۱-۴ حوزه‌های کاربرد
- ۲-۴ طراحی عملیات صحرائی و برداشت اطلاعات
- ۱-۲-۴ برداشت‌های صحرائی
- ۲-۲-۴ برداشت‌های صحرائی
- ۳-۲-۴ پردازش و تفسیر اطلاعات
- ۴-۲-۴ الزامات نرم‌افزارهای پردازش داده
- ۳-۴ مشخصات کادر فنی و تجهیزات
- ۱-۳-۴ مشخصات فنی دستگاه‌ها و تجهیزات
- ۲-۳-۴ مشخصات کادر فنی انجام خدمات
- ۳-۳-۴ چک‌لیست وسایل و کارکنان
- ۴-۴ نحوه محاسبه حق‌الزحمه
- ۱-۴-۴ عوامل تأثیرگذار در هزینه‌ها
- ۲-۴-۴ بازده
- ۳-۴-۴ ضریب شرایط مختلف اقلیمی و منطقه‌ای
- ۴-۴-۴ تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش لرزه‌نگاری انکساری

فصل ۵

فصل پنجم_روش گرانی‌سنجی

۱-۵ کلیات

- ۱-۱-۵ معرفی روش
- ۲-۱-۵ حوزه‌های کاربرد

۲-۵ انجام عملیات صحرائی و برداشت اطلاعات

۱-۲-۵ طراحی عملیات صحرائی

۲-۲-۵ شبکه‌بندی

۳-۲-۵ برداشت صحرائی

۴-۲-۵ پردازش و تفسیر اطلاعات

۳-۵ مشخصات کادر فنی و تجهیزات

۱-۳-۵ مشخصات فنی دستگاه‌ها و تجهیزات

۲-۳-۵ مشخصات کادر فنی انجام خدمات

۳-۳-۵ چک‌لیست وسایل کارکنان

۴-۵ نحوه محاسبه حق‌الزحمه

۱-۴-۵ عوامل تأثیرگذار در هزینه‌ها

۲-۴-۵ بازده

۳-۴-۵ ضریب شرایط مختلف اقلیمی

۴-۴-۵ تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش گرانی سنجی

پیوست ۱- نحوه گزارش‌نویسی

| صفحه | فهرست جدول ها | عنوان |
|------|---|-------|
| | جدول ۱-۱ جدول تعداد نقاط روزانه قابل برداشت در آرایش های مختلف مقاومت ویژه | |
| | جدول ۱-۲ تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش مقاومت ویژه الکتریکی | |
| | جدول ۱-۳ تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش پلاریزاسیون القایی | |
| | جدول ۱-۳ میانگین خود پذیری بعضی از سنگ ها و کانی ها | |
| | جدول ۲-۳ حجم برداشت ها در یک روز در روش مغناطیس سنجی | |
| | جدول ۳-۳ تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش مغناطیس سنجی | |
| | جدول ۱-۴ بازده گروه در عملیات انکساری ۲۴. ۴۸ و ۹۶ کانال در توپوگرافی های دشت، تپه ماهور و کوهستان | |
| | جدول ۲-۴ تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش لرزه نگاری انکساری | |
| | جدول ۱-۵ فهرست نرم افزارهای موجود برای طراحی، پردازش، تفسیر و مدل سازی | |
| | جدول ۲-۵ تعداد نقاط برداشتی با توجه به فاصله ایستگاه ها و شرایط توپوگرافی | |
| | جدول ۳-۵ تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش گرانی سنجی | |

shaghol.ir

فهرست شکل ها و نمودارها

| عنوان |
|-----------------------------|
| شکل ۱-۲ آرایش مستطیلی |
| شکل ۲-۲ آرایش دوقطبی دوقطبی |

فهرست شکل‌ها و نمودارها

عنوان

شکل ۱-۲ آرایش مستطیلی

شکل ۲-۲ آرایش دوقطبی دوقطبی

مقدمه

در قرن اخیر جهان شاهد پیشرفت‌های شگرفی در علوم و تکنولوژی و در جهت تسهیل زندگی و فعالیت‌های عمرانی بوده است. در کنار پیشرفت‌های علم زمین‌شناسی و معدن، شاخه‌های جدید بین‌رشته‌ای با بهره‌گیری از علوم ریاضی شیمی و فیزیک در علوم زمین به وجود آمد. یکی از این شاخه‌ها علم ژئوفیزیک می‌باشد که با بهره‌گیری از خواص فیزیکی به درک بهتر ما از زمین‌شناسی کمک می‌نماید. در حقیقت ژئوفیزیک به بررسی خواص فیزیکی آن چه زمین را می‌سازد، مانند سنگ‌ها کانی‌های مایعات. گازها تغییر شکل‌ها. تغییر در ترکیبات. تغییرات حرارتی شکستگی‌ها و هر نوع تغییر در خواص فیزیکی مجموعه تشکیل‌دهنده زمین می‌پردازد و بدین ترتیب مطالعه آنچه در زیرزمین واژدید ما پنهان است را ممکن و آسان می‌سازد. با توجه به تعاریف بالا علم ژئوفیزیک گستردگی زیادی دارد و از جنبه‌های مختلفی می‌توان آن را تقسیم‌بندی نمود.

از دید مقیاس، مطالعات ژئوفیزیک بسیار گسترده است. به‌عنوان مثال بررسی ساختمان کلی کره زمین که مطالعات ژئوفیزیک از طریق بررسی و تفسیر امواج لرزه‌ای مربوط به زلزله‌های با قدرت زیاد که در اعماق زمین اتفاق می‌افتد آن را ممکن می‌سازد. در مقیاس جهانی قابل‌بررسی است. درحالی‌که مطالعه یک معدن کوچک با استفاده از روش مغناطیس‌سنجی یا گرانی‌سنجی با وسعتی در حد یک کیلومتر مربع در مقیاس محلی موردبررسی قرار می‌گیرد. بنابراین مطالعات ژئوفیزیک را می‌توان از نظر مقیاس مطالعات به محلی و منطقه‌ای و جهانی تقسیم نمود.

یک نوع تقسیم‌بندی بر اساس منبع انرژی اولیه مورد مطالعه می‌باشد. اگر این منبع انرژی به‌صورت طبیعی در زمین وجود داشته باشد و ما آن را مورد مطالعه قرار دهیم. به آن منبع طبیعی می‌گوییم؛ مانند انرژی امواج لرزه‌ای در هنگام وقوع زلزله با مطالعه میدان مغناطیسی موجود در سنگ‌ها و کانی‌ها که جهت اکتشاف مواد معدنی استفاده می‌شود. از این طیف می‌توان میدان گرانی، امواج مربوط به مواد پرتوزا (راديواکتیو). مطالعات تغییرات حرارتی در اکتشاف مربوط به منابع زمین‌گرمایی و جریان‌های تلوریک و مگنتوتلوریک را نام برد. اگر انرژی اولیه توسط ما به وجود آید آن را منبع مصنوعی می‌گوییم؛ مانند ایجاد امواج لرزه‌ای در مطالعات لرزه‌نگاری اکتشافی. تولید جریان‌های الکتریکی و الکترومغناطیسی در مطالعات معدنی و آب‌های زیرزمینی و غیره..

یک نوع تقسیم‌بندی به موقعیت جغرافیایی مطالعات اشاره دارد و تحت عنوان مطالعات سطحی مطالعات درون‌چاهی. مطالعات توسط هواپیما با بالگرد از طریق هوا و مطالعه توسط کشتی از روی سطح آب (مانند سطح دریاها و دریاچه‌ها) نام‌برده می‌شود که خود می‌توانند به زیررده‌هایی تقسیم‌بندی شوند.

یک تقسیم‌بندی هم می‌تواند از نظر نوع کاربرد باشد که از این جنبه می‌توان ژئوفیزیک را به دوشاخه اصلی ژئوفیزیک تئوریک (نظری) که بیشتر جنبه علم‌گرایانه مصرف دارد و ژئوفیزیک کاربردی که جنبه‌های کاربردی آن را مدنظر دارد تقسیم‌بندی کرد.

ژئوفیزیک کاربردی خود می‌تواند به شاخه‌های متعددی تقسیم شود؛ مانند اکتشاف که خود شامل اکتشاف منابع آب‌های زیرزمینی. اکتشاف مواد هیدروکربوری در اعماق زمین شامل نفت و گاز، اکتشاف مواد معدنی اعم از فلزی و غیرفلزی و اکتشاف منابع زمین‌گرمایی می‌باشد. کاربرد دیگر در حل مسائل زمین‌شناسی

مهندسی مانند مطالعه محل احداث تونل‌ها و بزرگراه‌ها و ابنیه مهم و مطالعه ساختار و شرایط زمین‌شناسی زیر و نزدیک به سطح می‌باشد. شاخه دیگر به مطالعه ریسک خطر و حوادث غیرمترقبه مدیریت بحران می‌پردازد، مانند مطالعات مربوط به زلزله، آتش‌فشان و فروریزش زمین در مناطق شهری و مسکونی اعم از تشکیل فروچاله‌ها یا زمین‌لغزش‌ها.

در کل خواص فیزیکی که به مطالعه موارد یادشده می‌پردازد. بیشتر در چارچوب روش‌های ذیل موردبحث قرار می‌گیرند: روش مغناطیس‌سنجی (منیتومتری) روش مقاومت سنجی الکتریکی روش پلاریزاسیون القایی روش گرانی سنجی (ثقل سنجی یا گراویمتری). روش لرزه‌نگاری روش الکترومغناطیسی، روش پتانسیل خودزا روش رادیومتری و روش‌های نوینی مانند روش رزونانس مغناطیسی هسته‌اتم‌ها و روش رادار نفوذی زمین.

با توجه به پیشرفت‌های انجام‌شده به کارگیری این روش‌ها در مطالعات عمرانی، زمین‌شناسی و معدنی روزبه‌روز بیشتر شده و بنابراین ضابطه‌مندی و تعریف دستورالعمل برای اجرای هرکدام از این روش‌ها بسیار ضروری می‌باشد. در این میان دستورالعمل حاضر برای پنج روش مغناطیس‌سنجی، گرانی سنجی مقاومت سنجی الکتریکی پلاریزاسیون القایی و لرزه‌نگاری انکساری (شکست مرزی) مربوط به پروژه‌های غیرنفتی به دلیل گستردگی کاربرد در پروژه‌های عمرانی، تهیه و ابلاغ‌شده است.



فصل ۱

روش مقاومت ویژه الکتریکی

shaghool.ir

۱-۱ کلیات

۱-۱-۱ معرفی روش

کاوش‌های الکتریکی با آشکارسازی اثرهای سطحی حاصل از عبور جریان در داخل زمین سروکار دارند. در مقایسه با دیگر روش‌های ژئوفیزیک نظیر ثقل سنجی، مغناطیس و رادیواکتیویته که در آن‌ها تنها یک میدان نیرو با ویژگی بی‌هنجار مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش‌های الکتریکی از تنوع بیشتری نسبت به دیگر روش‌های ژئوفیزیکی برخوردارند. از میان روش‌های مختلف الکتریکی روش مقاومت ویژه از کاربرد گسترده‌ای برخوردار است. یکی از دلایل این امر آن است که دامنه تغییرات مقاومت ویژه سنگ‌ها و کانی‌ها بسیار وسیع می‌باشد. روش‌های مقاومت ویژه الکتریکی در اوایل دهه ۱۹۰۰ ابداع شدند؛ اما از دهه ۱۹۷۰ و خصوصاً به دلیل دسترسی به کامپیوتر برای پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده‌اند. هدف از برداشت‌های مقاومت ویژه، تعیین توزیع زیرزمینی مقاومت ویژه با استفاده از اندازه‌گیری‌های سطحی می‌باشد. از این اندازه‌گیری‌های سطحی، مقاومت ویژه واقعی توده‌های زیرسطحی قابل تخمین است.

در اندازه‌گیری‌های مقاومت ویژه با تزریق جریان به درون زمین از طریق دو الکتروود جریان و اندازه‌گیری اختلاف ولتاژ حاصل میان دو الکتروود پتانسیل، مقاومت ویژه ظاهری ساختارهای زیرسطحی قابل تخمین است. اگرچه این مقاومت ویژه ظاهری نا حدودی مشخص‌کننده مقاومت ویژه واقعی منطقه‌ای در نزدیکی مجموعه الکتروودها است. ولی قطعاً یک مقدار مطلق نخواهد بود. رابطه بین مقاومت ویژه حقیقی و ظاهری رابطه‌ای بی‌حده است. برای تعیین مقاومت ویژه حقیقی ساختارهای زیرسطحی از روی مقادیر ظاهری آن از روش‌های معکوس سازی توسط نرم‌افزارهای کامپیوتری استفاده می‌شود.

برداشت‌های مقاومت ویژه، تصاویری از تغییرات مقاومت ویژه ساختارهای زیرسطحی در اختیار قرار می‌دهند. برای تبدیل این تصاویر به تصاویر زمین‌شناسی. اطلاعاتی در خصوص مقادیر مقاومت ویژه انواع ساختارهای زیرسطحی و همچنین زمین‌شناسی محیط تحت بررسی مورد نیاز است. دامنه تغییرات مقاومت ویژه در مقایسه با کمیته‌ای فیزیکی که در دیگر روش‌های ژئوفیزیک محاسبه می‌شوند. بسیار بیشتر است. مقاومت ویژه الکتریکی مواد مختلف از $10^{16} \Omega m$ برای گوگرد خالص متغیر است. سنگ‌های دگرگون و آخرین نوعاً دارای مقادیر با مقاومت ویژه بالا هستند. مقاومت ویژه این سنگ‌ها اساساً وابسته به درجه شکستگی و درصد پرشدگی آن‌ها از آب‌های زیرسطحی است. سنگ‌های رسوبی به علت تخلخل و به واسطه آن محتوی آب بیشتر و معمولاً دارای مقاومت ویژه پایین می‌باشند. خاک‌های مرطوب و آب‌های زیرزمینی و دارای مقاومت ویژه پایینی هستند. همچنین خاک‌های رسمی از انواع ماسه‌ای آن دارای مقاومت ویژه پایین‌تری می‌باشند. مقدار مقاومت ویژه آب دریا که برابر مقدار پایین ۰/۲ اهم-متر است. ناشی از میزان بالای نمک‌های محلول آن است. این مسئله مقاومت ویژه را به‌عنوان یک روش ایدئال برای آشکارسازی مرز آب‌های شور و شیرین در نواحی ساحلی مطرح می‌کند.

۱-۱-۲ حوزه‌های کاربرد

روش مقاومت ویژه از گستره کاربرد وسیعی برخوردار است و کاربردهای آن را می‌توان در حوزه علوم مختلف به ترتیب اولویت به صورت زیر طبقه‌بندی کرد.

- ۱- آب‌های زیرزمینی (اکتشاف منابع آب، تفکیک آب‌شور و شیرین و...)
- ۲- اکتشاف معدن (انواع ذخیره‌های فلزی و غیرفلزی)
- ۳- مطالعات مهندسی و ژئوتکنیک (بررسی محل ساخت سازه‌های عظیم، آشکارسازی حفره‌ها، تونل‌ها و کانال‌های مدفون و...)
- ۴- مطالعات زمین‌شناسی (آشکارسازی گسل‌ها، ضخامت رسوبات، تفکیک واحدهای زمین‌شناسی و...)
- ۵- مطالعات زیست‌محیطی (آلودگی آب‌های زیرزمینی، محل دفن زباله‌ها و...)
- ۶- مطالعات باستان‌شناسی (بقایای سازه‌های مدفون، قبرها و...)

۲-۱ انجام عملیات صحرائی و برداشت اطلاعات

به‌طور کلی انجام عملیات صحرائی مطالعات ژئوالکترونیک به ترتیب اجرا در سه بخش قابل تفکیک می‌باشد که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرد.

۱-۲-۱ طراحی عملیات صحرائی

اولین قدم در طراحی یک برداشت ژئوفیزیکی جمع‌آوری اطلاعات مربوط به سابقه مطالعات انجام‌شده و کلیه داده‌های ژئوفیزیکی موجود در رابطه باهدف موردنظر است. قبل از انجام طراحی اولیه، کلیه مسائل و تقاضاهای موجود با جزئیات کامل بایستی معرفی شوند. اطلاعات جانبی نظیر نحوه دسترسی به منطقه فاصله تا ساختمان‌های موجود خطوط راه‌آهن، جاده‌ها، تأسیسات الکتریکی، توپوگرافی و همچنین موقعیت لوله‌ها، کابل‌ها و تأسیسات بشری بایستی تهیه شوند. مهم‌تر از موارد مذکور، دسترسی به نقشه‌ها مقاطع و یا سایر اطلاعات مربوط به منطقه می‌باشد.

در برداشت داده‌های ژئوالکترونیک از اساسی‌ترین پارامترهای انجام عملیات صحرائی این است که مسئله به‌خوبی تعریف شود. برای این منظور پنج پرسش اساسی وجود دارد که بایستی به‌خوبی پاسخ داده شوند. این پرسش‌ها عبارت‌اند از:

shaghool.ir

- ۱- عمق هدف چقدر است؟
- ۲- هندسه هدف چگونه است؟
- ۳- مشخصات الکتریکی هدف چگونه است؟
- ۴- محیط میزبان چیست؟
- ۵- محیط برداشت چگونه است؟

اگر عمق هدف خارج از محدوده اکتشاف روش مقاومت ویژه باشد. بدون بررسی شرایط بعدی روش مقاومت ویژه کنار گذاشته می‌شود. در پاسخ به سؤال دوم، مهم‌ترین فاکتور هدف سائز آن در مقابل عمق دفن آن می‌باشد. آیا با روش مقاومت ویژه قابل آشکارسازی می‌باشد؟ اگر هدف غیر کروی است امتداد و شیب آن نیز باید مشخص شود. در صورتی که هدف دارای امتداد مشخصی است هدف دارای تغییرات ۲ بعدی. برداشت‌ها بایستی به صورت دوبعدی و عمود بر امتداد هدف صورت پذیرد. در آشکارسازی اهداف ایزوله (مانند حفره‌ها) برداشت‌ها به صورت ۳ بعدی و یا مجموعه‌ای از پروفیل‌های ۲ بعدی کنار هم صورت می‌پذیرد. فاصله ایستگاهی در طول هر پروفیل و فاصله پروفیل‌ها از یکدیگر تابعی از ابعاد هدف و عمق دفن آن می‌باشد. در محدود مسائلی که تنها تغییرات مقاومت ویژه در یک بعد وجود دارد. به‌عنوان مثال بررسی لایه‌های آبدار در دشت‌های مسطح، برداشت‌های ۱ بعدی سونداژ زنی می‌تواند صورت گیرد. هرچند که در این‌گونه مطالعات نیز بایستی سعی شود تا سونداژهای مختلف در طول یک خط برداشته شوند تا امکان بررسی تغییرات جانبی لایه‌ها نیز امکان‌پذیر باشد. در بررسی اهدافی با ابعاد کوچک‌تر. چنانچه عمق دفن آن اجازه دهد. استفاده از فواصل ایستگاهی کوچک می‌تواند مؤثر واقع شود. عموماً فاصله ایستگاهی نصف عرض هدف موردنظر به‌عنوان مثال عرض رگه معدنی در طول پروفیل برداشت در نظر گرفته می‌شود. معمولاً در پروفیل زنی و اندازه‌گیری‌های دوبعدی. جابه‌جایی‌ها از مرتبه فواصل ایستگاهی خواهد بود. برای سونداژزنی، توصیه می‌شود که افزایش فواصل در مقیاس (تقریباً) لگاریتمی صورت پذیرد.

به‌منظور انجام مطالعات ژئوالکترونیک، بایستی تخمینی از مقاومت ویژه هدف موجود باشد. برای اینکه هدف قابل آشکارسازی باشد. بایستی تباین خوبی در مشخصه‌های الکتریکی با محیط میزبان داشته باشد. در ادامه بایستی مشخصات الکتریکی ماده میزبان مشخص شود؛ یعنی اینکه تخمینی اولیه از راندگی محیط در اختیار باشد. در پاسخ به سؤال آخر برداشت‌های مقاومت ویژه در محیط‌های شهری با دشواری‌هایی همراه است. از این جمله می‌توان به محدودیت‌های مکانی، نویزهای محیطی و ... اشاره کرد.

در اکثر موارد یک شبکه گسترده برای شناسایی اولیه منطقه و تعیین نواحی بی‌هنجار انتخاب می‌شود. در صورت اثبات چنین بی‌هنجاری‌ها توسط ارزیابی‌های ابتدایی مناطق موردنظر باید با یک شبکه متراکم‌تر، مجدداً برداشت شوند. این مسئله باعث کاهش قابل توجه هزینه‌ها می‌شود.

۱-۲-۲ شبکه‌بندی و آرایش‌های صحرائی

پس از مشخص شدن فواصل ایستگاهی و پروفیل‌ها و نیز امتداد پروفیل‌ها بایستی موقعیت ایستگاه‌های اندازه‌گیری روی زمین مشخص شده و شماره‌گذاری شوند. به‌این‌ترتیب با طراحی یک مختصات محلی در محدوده مورد مطالعه برداشت داده‌ها به صورت منظم و بهینه قابل انجام می‌باشد. همچنین انجام فعالیت‌های آنی از جمله تکرار اندازه‌گیری‌های برداشت‌های تکمیلی بازدیدهای صحرائی و درنهایت تلفیق اطلاعات و تفسیر

نتایج به سهولت امکان پذیر است. ایستگاه‌های اندازه‌گیری می‌توانند با متر طناب و کمپاس و یا GPS و دوربین‌های نقشه‌برداری روی زمین پیاده شوند و عموماً با سنگ‌چین‌های رنگی در سطح زمین مشخص می‌شوند.

داده‌های مقاومت ویژه به صورت یک‌بعدی، دوبعدی و همچنین سه‌بعدی اکتساب می‌شوند. برداشت ژئوالکتریک به یکی از دو روش سونداژزنی قائم الکتریکی (VES) پروفیل زنی و یا ترکیبی از آن‌ها انجام می‌شود. در روش سونداژزنی تغییرات عمقی یا قائم مقاومت ویژه مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ اما در روش پروفیل زنی، تغییرات جانبی مقاومت ویژه مواد زیرسطحی در طول یک خط پروفیل بررسی می‌شود. در روش پروفیل زنی، آرایش مورد استفاده و پارامترهای آن، ثابت باقی می‌مانند و الکترودها در طول خط پروفیل جابه‌جا می‌شوند. برای نمایش داده‌های پروفیل زنی، محور افقی، فواصل ایستگاهی و محور قائم مقادیر مقاومت ویژه را نشان می‌دهد. محور افقی همواره خطی است ولی محور قائم می‌تواند خطی یا لگاریتمی باشد. در مواقعی که تهیه شبه مقطعی از مقاومت ویژه ساختارهای زیرسطحی مطلوب است. داده‌ها به صورت دوبعدی برداشت می‌شوند. عمده مطالعات مقاومت ویژه در حال حاضر به این ترتیب صورت می‌پذیرد.

برای اندازه‌گیری داده‌های مقاومت ویژه آرایش‌های الکترودی مختلفی پیشنهاد شده است. از مهم‌ترین آرایش‌هایی که در روش مقاومت ویژه به کار برده می‌شوند، می‌توان به ترتیب به آرایش‌های ونر، شلومبرژه، دوقطبی دوقطبی، قطبی-دوقطبی، قطبی قطبی، گرادیان مستطیلی، آرایه مربعی و اتصال به جرم اشاره کرد. بعضاً آرایش‌های مذکور دارای انواعی بوده و بانام‌های مختلف شناخته می‌شوند. آرایش ونر در پروفیل زنی، آرایش شلومبرژه در سونداژزنی، آرایش‌های دوقطبی دوقطبی و قطبی دو قطبی در تهیه شبه مقاطع و برداشت‌های IP و آرایش قطبی-قطبی در مطالعات ۳ بعدی کوچک‌مقیاس محبوبیت زیادی پیدا کرده‌اند.

انتخاب آرایش‌های مورد استفاده به تخصص و دانش قابل ملاحظاتی نیاز دارد. مسائل مختلف باید با آرایش‌های متفاوتی دنبال شود. بایستی خاطر نشان کرد که اطلاعات معلمانی غیر کافی و نادرست باعث افزایش هزینه بررسی‌های ژئوفیزیکی نا حد قابل ملاحظه و جلوگیری از تفسیر مناسب می‌شود. انتخاب آرایش مناسب به هدف مورد مطالعه فضای موجود برای گسترش آرایش مورد نظر و سرعت و سهولت اجرا بستگی دارد. همچنین حساسیت آرایش‌ها به ناهمگنی‌های جانبی و فصل مشترک‌های شیب‌دار نیز از اهمیت به سزایی برخوردار است. در اصل خطی بودن آرایش انتخابی لزومی ندارد؛ اما در عمل تقریباً همیشه از آرایش‌های خطی استفاده می‌شود؛ زیرا در غیر این صورت پردازش و تفسیر نتایج دشوار خواهد بود و عملیات صحرائی نیز وقت گیر و پیچیده می‌شود.

حدود ۲۵ آرایش الکترودی، همراه با مزایا و معایب هر کدام، توسط Whitely ارائه شده است. آرایش‌های مذکور به‌طور گسترده‌ای در برداشت‌های مقاومت ویژه مورد استفاده قرار گرفته است و روش‌های مناسب پردازش و تفسیر داده‌های حاصل از آن‌ها، توسعه یافته است. این آرایش‌ها برای اغلب کاربردهای مهندسی هیدروژئولوژی، زیست‌محیطی و ژئوتکنیک مناسب هستند؛ اما متداول‌ترین آرایش‌های الکترودی مورد استفاده در برداشت‌های مقاومت ویژه آرایش‌های ونر شلومبرژه دوقطبی - دوقطبی، قطبی - دوقطبی و گرادیان

می‌باشند. با توجه به مضمون و اهداف پروژه مقاومت سنجی یک یا چند آرایش با در نظر گرفتن عوامل مختلف انتخاب می‌شوند.

۱-۲-۳ برداشت‌های صحرائی

مراحل انجام برداشت صحرائی در روش مقاومت ویژه به ترتیب زیر می‌باشد:

- ۱- دستگاه مقاومت ویژه به همراه تجهیزات جانبی به محل پیمایش حمل و مستقر می‌شود.
- ۲- در صورتی که الکترودها به اندازه کافی وجود دارد. تمامی آن‌ها در محل خود نصب می‌شوند.
- ۳- الکترودهای جریان و پتانسیل توسط سیم یا کابل به خروجی‌های مناسب دستگاه متصل می‌شوند.
- ۴- با توجه به دستورالعمل راهنمای دستگاه روشن می‌شود تا جریان از طریق الکترودهای جریان به زمین تزریق گردد.
- ۵- اگر در ارسال جریان مشکلی وجود داشت. دستگاه خاموش و علت را بررسی و پس از رفع مشکل مجدداً دستگاه روشن شده و اندازه‌گیری با جریان کم شروع می‌شود.
- ۶- در اکثر آرایش‌های الکترودی می‌توان جای الکترودهای پتانسیل و جریان را عوض کرد. با توجه به اصل تقابل مقدار مقاومت ویژه ظاهری در هر دو حالت یکسان است. جابجا کردن الکترودهای جریان و پتانسیل به‌عنوان مثال در هنگام استفاده از ولتاژهای بالا و فواصل الکترودی زیاد در آرایش شلومبرژر و حتی ونر مطلوب است.
- ۷- بایستی منابع نويز در هر منطقه بالأخص در مناطق شهری شناسایی شده و تا حد امکان طراحی برداشت طوری انجام شود که از آن‌ها اجتناب شود.
- ۸- دستگاه‌های پیشرفته دیجیتالی برای برداشت‌های صحرائی می‌توانند داده‌های اندازه‌گیری شده را ذخیره نمایند. با انتقال داده‌ها به کامپیوتر و به کمک نرم‌افزارهای ارزیابی می‌توان خروجی و نتایج هرروز را کنترل نموده تا اندازه‌گیری‌ها و داده‌های نامناسب تعیین شوند.

۱-۲-۴ پردازش و تفسیر اطلاعات

۱-۲-۴-۱ پردازش داده‌ها

به‌طورکلی هدف از پردازش داده‌های ژئوفیزیک غلبه بر محدودیت‌های دانی داده‌های برداشتی برای دستیابی به اطلاعات واقعی‌تر از اهداف زیرسطحی می‌باشد. در صورتی که پردازش داده‌ها، اطلاعات دقیق‌تری در اختیارمان قرار دهد در نهایت منجر به تفسیر منطقی و مطمئن‌تری خواهد شد. منابع مختلف، دسته‌بندی‌های مختلفی برای پردازش و تفسیر داده‌های ژئوفیزیک ارائه کرده‌اند. هرچند ممکن است پردازش و تفسیر داده‌ها دارای همپوشانی با یکدیگر نیز باشند. ولی در این نوشتار کلیه فعالیت‌های انجام‌شده بر روی داده‌ها بعد از برداشت داده‌ها نا حاصل شدن یک نمودار. مقطع و یا نقشه مقاومت ویژه، فرایند پردازش نام‌گذاری شده است.

اولین گام از مرحله پردازش، انتقال داده‌ها به کامپیوتر و بازبینی آن‌ها است. این کار به صورت ابتدایی در نرم‌افزارهای عمومی نظیر Excel قابل انجام می‌باشد. ولی شرکت‌های سازنده تجهیزات مقاومت ویژه و نرم‌افزارهای تخصصی بدین منظور ارائه می‌کنند. با این نرم‌افزارها می‌توان پیش‌پردازش و پردازش‌های اولیه را روی داده‌ها انجام داد. به‌عنوان یکی از نرم‌افزارهای استاندارد در این زمینه می‌توان به ProsysII شرکت آیریس فرانسه اشاره کرد. این نرم‌افزار دارای قابلیت‌های بسیاری است که به قسمتی از آن‌ها به صورت فهرست‌وار اشاره می‌شود:

- توانایی وارد کردن فایل با فرمت‌های مختلف و نرم‌افزارهای شناخته‌شده
 - توانایی وارد کردن داده‌های جی‌پی‌اس
 - توانایی وارد کردن داده‌ها از دستگاه‌های مختلف شرکت آیریس
 - قابلیت نمایش تمامی داده‌های برداشت‌شده در یک جدول
 - توانایی نمایش موقعیت محل الکترودهای جریان و پتانسیل، میزان شدت جریان ارسالی، اختلاف پتانسیل، مقاومت ویژه ظاهری، پتانسیل خودزا، مقادیر اندازه‌گیری شده پلاریزاسیون القایی در پنجره‌های مختلف و مقدار کل آن (در صورت وجود)، تعداد انبارش داده‌ها، مقاومت الکتریکی الکترودها با زمین، تاریخ، زمان و پارامترهای مختلف پلاریزاسیون القایی (در صورت وجود)، برای هر ایستگاه اندازه‌گیری در یک ستوان مجزا.
 - توانایی فیلتر کردن داده‌ها اعم از حذف داده‌های نامناسب قرار دادن حدود بالا و پایین برای مقادیر مقاومت ویژه، انحراف معیار، شدت جریان و پلاریزاسیون القایی (در صورت وجود).
 - تغییر مشخصات پیش‌فرض داده نظیر آرایش و فاصله الکترودی مورد استفاده
 - وارد کردن مشخصات ارتفاعی ایستگاه‌های برداشت و نمایش توپوگرافی در طول پروفیل و انجام تصحیح توپوگرافی
 - قابلیت نمایش شبه مقاطع مقاومت ویژه، پتانسیل خودزا و پلاریزاسیون القایی
 - قابلیت نمایش منحنی واپاشی پلاریزاسیون القایی
 - قابلیت نمایش پروفیل‌های مختلف برداشت در اعماق متفاوت و به صورت جداگانه
 - قابلیت تبدیل داده‌ها به فرمت نرم‌افزارهای دیگر از جمله Resis، IXID، Res2D/3Dinv، Geosoft، همین‌طور نرم‌افزارهای جدولی نظیر Excel و Surfer
- همان‌طور که ذکر شد داده‌های مقاومت ویژه به صورت یک‌بعدی دوی‌بعدی و سه‌بعدی قابل برداشت می‌باشند بنابراین با توجه به نوع برداشت و اهداف مطالعه، پردازش داده‌های آن به روش‌های مختلف صورت می‌پذیرد.

۱-۲-۴-۱- پردازش یک‌بعدی داده‌ها (سونداژ)

برداشت‌های سونداژ زنی به‌منظور بررسی تغییرات عمقی ساختارهای زیرسطحی صورت می‌پذیرد. این‌گونه برداشت‌ها بالأخص به‌منظور انجام مطالعات آبخوان‌ها در دشت‌هایی که لایه‌های زیرسطحی تقریباً افقی هستند صورت می‌پذیرد در صورتی که لایه‌ها افقی نباشند. پردازش و تفسیر یک‌بعدی داده‌ها با خطاهای قابل‌توجهی همراه است.

هدف از پردازش مطالعات سونداژ مقاومت ویژه به دست آوردن مشخصات ژئوالکتریکی زمین لایه‌ای تحت بررسی است. تخمین پارامترهای زمین لایه‌ای ضخامت و مقاومت ویژه آن‌ها عمدتاً توسط سه روش صورت می‌پذیرد که عبارت‌اند از:

- ۱- تطبیق دادن دستی منحنی‌ها
- ۲- تکرار به‌وسیله مدل‌سازی پیشرو
- ۳- وارون سازی

روش اول که در آن منحنی‌های سونداژ مقاومت ویژه با سر منحنی‌ها مقایسه می‌شد بسیار زمان‌بر بوده و تقریباً در حال حاضر منسوخ‌شده است. در روش‌های دو و سه به دلیل استفاده از محاسبات گسترده از نرم‌افزارهای کامپیوتری استفاده می‌شود.

اولین گام در پردازش یک‌بعدی داده‌های سونداژ مقاومت ویژه، ارزیابی کیفیت داده‌ها می‌باشد. این کار پس از وارد کردن مقادیر مقاومت ویژه ظاهری و موقعیت مکانی آن‌ها و رسم منحنی‌های آن در نرم‌افزارهای مربوطه انجام می‌شود. با نمایش داده‌ها در مقیاس لگاریتمی یک ارزیابی اولیه از کیفیت داده‌های برداشتی صورت می‌پذیرد. در صورت نیاز داده‌ها ویرایش شده و یک مدل اولیه بر داده‌ها برازش می‌یابد. نرم‌افزار با توجه به داده‌های برداشتی و تغییرات روند نمودار سونداژ مقاومت ویژه صحرائی، یک زمین لایه‌ای به‌عنوان مدل اولیه در نظر می‌گیرد. لایه‌های مدل اولیه دارای مقادیر مقاومت ویژه و ضخامت متفاوتی هستند و سپس مقادیر مقاومت ویژه ظاهری برای مدل تئوری (زمین لایه‌ای) محاسبه می‌شود. محاسبه نمودار سونداژ تئوری عمدتاً در نرم‌افزارهای مختلف توسط الگوریتم پالایه‌های خطی صورت می‌پذیرد. از جمله فیلترهای خطی می‌توان به فیلتر گوش اشاره کرد. حال دو نمودار سونداژ معلومت ویژه تئوری و صحرائی وجود دارد که از انطباق خوبی در مقیاس لگاریتمی برخوردارند. درنهایت به‌منظور بهینه‌سازی جواب، خطای مابین منحنی‌های سونداژ صحرائی و تئوری بایستی کمینه شود. این عمل با استفاده از کمینه کردن جذر میانگین مربعات (RMS) صورت می‌پذیرد. به‌این ترتیب که در هر مرحله پارامترهای مدل تئوری طوری تغییر می‌کند که خطای RMS مابین منحنی سونداژ تئوری و صحرائی کمتر شود. البته لزوماً کوچک‌ترین RMS بهترین جواب نمی‌باشد و جواب با استفاده از اطلاعات کمکی اطلاعات چاه داده‌های ژئوفیزیکی دیگر، سونداژهای مجاور زمین‌شناسی و ... انتخاب می‌شود. حتی در حین پردازش با توجه به اطلاعات کمکی امکان ثابت نگه‌داشتن برخی از پارامترهای مدل و اضافه و کم کردن لایه‌ها وجود دارد.

درنهایت برای هر یک از سونداژهای اندازه‌گیری شده تمام مراحل قبلی انجام می‌شود. لازم به ذکر است که به‌منظور پردازش صحیح که منجر به تفسیر دقیقی شود. بایستی سونداژهای مجاور در کنار هم بررسی شوند. انتظار بر این است که در یک زمین با تغییرات یک‌بعدی مقاومت ویژه (تغییرات در جهت عمق). سونداژهای

مجاور تغییرات مشابهی نشان دهند. در غیر این صورت ممکن است زمین یک‌بعدی نباشد و با داده‌های برداشتی با خطای قابل‌توجهی همراه بوده باشند. از آنجاکه هرکدام از سونداژها با موقعیت مکانی خود در نرم‌افزار مربوطه وارد می‌شوند. بعد از به دست آوردن پارامترهای مدل در هرکدام. امکان نمایش آن‌ها به صورت مقاطع دوبعدی و انتقال آن‌ها به دیگر نرم‌افزارها وجود دارد.

از نرم‌افزارهای شناخته‌شده در این زمینه می‌توان به IP12win، IXID، Res1dinv اشاره کرد. با توجه به کاربری بیشتر نرم‌افزار IP12win نحوه پردازش داده‌ها بر اساس الگوریتم این نرم‌افزار در بالآمده است. در مطالعاتی نظیر آشکارسازی تغییرات سنگ کف مقاطع هم‌مقدار رسانایی طولی می‌توانند مفید واقع شوند. همچنین تهیه مقاطع هم‌مقدار مقاومت عرضی در مطالعات آب‌های زیرزمینی مفید می‌باشد. تراوایی هیدرولیک آبخوان رابطه مستقیم با ضخامت و مقاومت ویژه آبخوان دارد. با افزایش ضخامت و مقاومت الکتریکی لایه آبدار و مقاومت عرضی افزایش می‌یابد.

۲-۱-۴-۲-۱ پردازش دوبعدی داده‌ها

عمده مطالعات مقاومت ویژه در حال حاضر به صورت دوبعدی پردازش می‌شوند. هدف از پردازش دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه به دست آوردن توزیع مقاومت ویژه ساختارهای زیرسطحی در یک مقطع دوبعدی در طول پروفیل موردبررسی است. به منظور تخمین توزیع مقاومت ویژه ساختارهای زیرسطحی به صورت دوبعدی عموماً از روش‌های وارون سازی استفاده می‌شود. از مهم‌ترین و شناخته‌شده‌ترین نرم‌افزارها در این خصوص می‌توان Res2Dinv اشاره کرد. تمام داده‌های دوبعدی برداشت‌شده با استفاده از آرایش‌های مختلف توسط این نرم‌افزار قابل پردازش می‌باشد. در صورتی که داده‌ها توسط نرم‌افزارهایی نظیر ProsysII پیش پردازش نشده باشند. از طریق آن می‌توان داده‌های با فرمت نرم‌افزار Res2inv را به سهولت تهیه کرد. قدم اول بعد از بازخوانی داده‌ها در نرم‌افزار ارزیابی و در صورت نیاز ویرایش آن‌ها است با بازخوانی داده‌ها مشخصات داده‌های برداشتی شامل نوع آرایش مورد استفاده تعداد نقاط موقعیت اولین و آخرین الکتروود. کمترین فاصله الکتروودی و ... نمایش می‌یابد. در صورت صحیح نبودن هرکدام از آن‌ها داده‌ها بایستی اصلاح شوند.

در این نرم‌افزار از مدل‌سازی پیشرو به منظور محاسبه مقادیر مقاومت ویژه ظاهری تئوری استفاده می‌شود. همچنین در وارون سازی از تکنیک بهینه‌سازی حداقل مربعات غیرخطی استفاده می‌شود. مدل دوبعدی استفاده‌شده در این نرم‌افزار، زیر سطح زمین را به تعدادی بلوک دوبعدی مستطیلی شکل تقسیم می‌کند. هدف از انجام وارون سازی تعیین مقاومت ویژه بلوک‌های مستطیلی شکل است. به این ترتیب که با استفاده از مدل‌سازی پیشرو شبه مقطع تئوری از روی مجموعه بلوک‌ها محاسبه می‌شود. در هنگام وارون سازی با تغییر پارامترهای مدل (مقاومت ویژه هر یک از بلوک‌ها) سعی در کم کردن خطا مابین شبه مقطع مقاومت ویژه صحرائی و نوری با استفاده از تکنیک کمترین مربعات می‌باشد. به عبارت دیگر نرم‌افزار با کمینه کردن اختلاف مابین شبه مقاطع تئوری و صحرائی سعی در به دست آوردن مدل وارون ساختارهای زیرسطحی دارد. مدلی با

کمترین RMS الزاماً بهترین مدل از لحاظ زمین‌شناسی نمی‌باشد. در حالت عمومی بهترین انتخاب مدل در تکرارهایی است که خطای RMS به صورت قابل توجهی تغییر نکند. این حالت عموماً بین تکرارهای ۳ تا ۵ اتفاق می‌افتد. در این نرم‌افزار امکانات قابل توجهی وجود دارد که پرداختن به تمام آن‌ها در این مجال میسر نیست.

به منظور رسم نقشه‌های پربندی از داده‌های مقاومت ویژه از نرم‌افزارهای Geosoft و Surfer استفاده می‌شود. این گونه نقشه‌ها بالأخص در نمایش داده‌های آرایش مستطیلی ترسیم می‌شود.

۱-۲-۴-۱ پردازش سه بعدی داده‌ها

هدف از پردازش سه بعدی به دست آوردن توزیع مقاومت ویژه در یک حجم سه بعدی از ساختارهای زیرسطحی است. به منظور تخمین توزیع مقاومت ویژه ساختارهای زیرسطحی به صورت سه بعدی عموماً از روش‌های وارون سازی استفاده می‌شود. از مهم‌ترین و شناخته شده‌ترین نرم‌افزارها در این خصوص می‌توان به Res3Dinv اشاره کرده تمام داده‌های سه بعدی برداشت شده با استفاده از آرایش‌های مختلف توسط این نرم‌افزار قابل پردازش می‌باشد. همچنین پروفیل‌های دوبعدی که در شبکه‌ای منظم برداشت شوند. قابل پردازش در این نرم‌افزار می‌باشند. تئوری وارون سازی و همچنین امکانات این نرم‌افزار مشابه نوع دوبعدی آن (Res2Dinv) می‌باشد. با این تفاوت که در این نرم‌افزار به منظور وارون سازی ساختارهای زیرسطحی مورد مطالعه را به بلوک‌های سه بعدی تقسیم‌بندی می‌کند. خروجی این نرم‌افزار مقاطع و پلان‌های دوبعدی در جهات اصلی (XY, XZ و YZ) از ساختارهای زیرسطحی مورد مطالعه می‌باشد. به منظور نمایش داده‌های آن به صورت سه بعدی. امکان خروجی گرفتن از نرم‌افزار به منظور نمایش داده‌ها در نرم‌افزارهای کمکی وجود دارد به این ترتیب مدل وارون سازی شده در این نرم‌افزار قابل نمایش در نرم‌افزارهای با گرافیک بالاتر نظیر Voxler و Rockwork می‌باشد.

۱-۲-۴-۱ نحوه نمایش و تفسیر اطلاعات

مرحله بعد از پردازش داده‌های آماده سازی مقاطع و نقشه‌ها جهت تفسیر آن‌ها می‌باشد. از آنجاکه مقادیر اندازه‌گیری داده‌های مقاومت ویژه به مکان نسبت داده می‌شوند. اولین قدم از نمایش داده‌های موقعیت مکانی آن‌ها است. بدین منظور نقشه موقعیت مکانی ایستگاه‌های برداشت به همراه موقعیت عوارضی نظیر گمانه‌ها، ترانشه‌ها و چاه‌ها راه‌های دسترسی و غیره تهیه می‌شود. داده‌های مقاومت ویژه به روش‌های مختلف و آرایش‌های مختلف اکتساب می‌شوند. به این ترتیب نحوه نمایش آن‌ها نیز متفاوت است. در ادامه نحوه نمایش مقاطع و نقشه‌ها ارائه می‌گردد.

۱-۲-۴-۱ نمایش یک بعدی داده‌ها

- داده‌های سونداژ مقاومت ویژه که عمدتاً با استفاده از آرایش شلومبرژه برداشت می‌شوند. بر روی دستگاه مختصات لگاریتمی نمایش می‌یابند. هر دو محور دستگاه مختصات دارای مقیاس لگاریتمی بوده و محور افقی فاصله الکترودهای جریان (عمدتاً $AB/2$) و محور عمودی مقادیر مقاومت ویژه اندازه‌گیری شده را نمایش می‌دهد. در این شکل بایستی نموداری به داده‌های صحرائی برآزش یابد تا روند تغییرات مقاومت ویژه مشخص گردد. علاوه بر این نمودار مدل تئوری بارنگی دیگر نیز نمایش می‌یابد تا ارزیابی میزان برآزش دو منحنی حاصل شود. مشخصات مدل تئوری وارون و میزان برآزش آن با منحنی صحرائی (RMS) در جدولی در کنار نمودار آورده می‌شود. این مشخصات شامل تعداد لایه‌ها، ضخامت و مقاومت ویژه واقعی هر لایه می‌باشد.

- داده‌های پروفیل زنی یک‌بعدی بر روی دستگاه مختصات نیمه لگاریتمی نمایش می‌یابند. محور افقی موقعیت ایستگاهی را با مقیاس خطی و محور عمودی مقادیر مقاومت ویژه اندازه‌گیری شده را با مقیاس لگاریتمی نمایش می‌دهد.

۱-۲-۴-۲ نمایش دوبعدی داده‌ها

- داده‌های مقاومت ویژه که به صورت ترکیبی از سونداژزنی و پروفیل زنی برداشت می‌شوند، بایستی به صورت مقاطع عمقی نمایش یابند. در این نوع برداشت، هدف به نقشه درآوردن تغییرات مقاومت ویژه در یک راستای مشخص بر روی زمین (راستای پروفیل) و همچنین تغییرات مقاومت ویژه در عمق این مقطع می‌باشد. به منظور نمایش اطلاعات این نوع داده‌ها شبه مقاطع حاصل از مدل‌سازی وارون بایستی به صورت دوبعدی نمایش یابند. در این نحوه نمایش دو متغیر مستقل فاصله ایستگاهی و عمق مقطع وجود دارد که به صورت خطی به ترتیب در محورهای افقی و عمودی نمایش می‌یابند. مقاومت ویژه متغیر وابسته است که در نقاط مختلف اندازه‌گیری شده است. به عبارت دیگر موقعیت هر نقطه اندازه‌گیری شده مقاومت ویژه با دو پارامتر موقعیت ایستگاهی و عمقی تعریف می‌شود. از آنجاکه برداشت‌های مقاومت ویژه به صورت گسسته صورت می‌پذیرد. به منظور نمایش مناسب داده‌ها از دربندهای رنگی استفاده می‌شود. مقیاس تغییر دربندها عمدتاً لگاریتمی و میزان تغییرات آن از رنگ‌های سرد به گرم می‌باشد. به این معنی که به منظور نمایش تغییرات مقادیر مقاومت ویژه از میزان کم به زیاد به ترتیب از طیف‌های مختلف رنگ‌های آبی فیروزه‌ای، سبز، زرد نارنجی و قرمز استفاده می‌شود. درنهایت به منظور نمایش اطلاعات شبه مقطع داده‌های صحرائی و شبه مقطع تئوری در کنار مقطع حاصل از مدل‌سازی وارون در کنار هم آورده می‌شوند. نمایش این مقاطع در کنار همه ارزیابی میزان برآزش (RMS) شبه مقاطع صحرائی و تئوری را امکان‌پذیر می‌سازد. درنهایت مقطع حاصل از مدل‌سازی وارون به صورت مجزا به همراه توپوگرافی پروفیل برداشتی نمایش می‌یابد. محورهای افقی و عمودی مقطع بایستی هم مقیاس باشند تا ارزیابی مناسبی از محل برداشت داده‌ها وجود داشته باشد و فعالیت‌های بعدی بر روی مقطع به راحتی صورت پذیرد.

- در برخی مواقع لازم است به جای مقطع، پلان‌های افقی از محدوده برداشت داده‌ها تهیه شود. این نقشه‌ها به خصوص در نمایش داده‌های آرایش مستطیلی مرسوم می‌باشد. در این نحوه نمایش دو متغیر مستقل. فاصله ایستگاهی در دو امتداد عمود بر هم (X و Y) می‌باشند. به عبارت دیگر موقعیت هر نقطه اندازه‌گیری شده

مقاومت ویژه متغیر وابسته با دو پارامتر X و Y تعریف می‌شود. به‌منظور نمایش این نوع داده‌ها نیز از پربندهای رنگی استفاده می‌شود. مقیاس تغییر پربندها عمدتاً لگاریتمی و طیف‌های رنگی مورد استفاده در این نقشه‌ها نیز مشابه مقاطع می‌باشد. در تهیه این‌گونه نقشه‌ها بایستی موقعیت آن‌ها در سیستم مختصات شناخته‌شده‌ای آورده شود (ترجیحاً UTM-WGS84). همچنین موقعیت ایستگاه‌های اندازه‌گیری شماره ایستگاه‌ها در مختصات محلی نام پروفیل‌ها و عوارض جانبی نظیر ترانشه‌ها و گمانه‌های حفاری بر روی نقشه آورده می‌شود. راهنمای نقشه نیز شامل مقیاس نقشه، علامت شمال راهنمای رنگ‌بر بندها و مقادیر آن و علائم روی نقشه می‌باشد.

- داده‌های سونداژ مقاومت ویژه که در طول یک پروفیل اکتساب شده‌اند را می‌توان به‌صورت دوبعدی نمایش داد. به این ترتیب که مدل‌های یک‌بعدی حاصل از پردازش سونداژهای مجزا در یک مقطع دوبعدی نمایش می‌یابند.

۱-۲-۴-۲-۳ نمایش سه‌بعدی داده‌ها

داده‌های مقاومت ویژه که به‌صورت ۳ بعدی برداشت می‌شوند، بایستی به‌صورت سه‌بعدی نمایش یابند. در این نوع برداشت هدف به نقشه درآوردن تغییرات مقاومت ویژه در یک حجم مشخص از ساختارهای زیرسطحی می‌باشد. در این نحوه نمایش سه متغیر مستقل فاصله ایستگاهی و عمقی در ۳ امتداد عمود بر هم (X, Y) و Z می‌باشند که به‌صورت خطی به ترتیب در دو محور افقی و یک محور عمودی نمایش می‌یابند. مقاومت ویژه متغیر وابسته است که در نقاط مختلف اندازه‌گیری شده است. به‌عبارت‌دیگر موقعیت هر نقطه اندازه‌گیری شده مقاومت ویژه با سه پارامتر موقعیت ایستگاهی در دو جهت) و عملی تعریف می‌شود. به‌منظور نمایش این نوع داده‌ها از سطوح هم‌مقدار مقاومت ویژه رنگی استفاده می‌شود. مقیاس تغییر پربندها عمدتاً لگاریتمی و طیف رنگی مورد استفاده مشابه مقاطع می‌باشد. به این معنی که به‌منظور نمایش تغییرات مقادیر مقاومت ویژه از میزان کم به زیاد به ترتیب از طیف‌های مختلف رنگ‌های آبی فیروزه‌ای، سبز، زرد نارنجی قرمز استفاده می‌شود. این نوع داده‌ها را نیز می‌توان به‌صورت پلان‌ها و یا مقاطعی در حجم مورد مطالعه نمایش داد.

- داده‌های مقاومت ویژه که به‌صورت ۲ بعدی و در چند پروفیل مجاور هم برداشت می‌شوند. می‌توانند به‌صورت سه‌بعدی مشابه بالا نمایش یابند.

۱-۲-۴-۳ تفسیر اطلاعات

- به‌طور کلی تفسیر مقاطع و نقشه‌های ژئوفیزیک برگردان پارامترهای فیزیکی اندازه‌گیری نشده به ساختارهای زیرسطحی مورد بررسی است. تفسیر ابزاری است که ژئوفیزیک دان‌ها را قادر می‌سازد که داده‌های خام به‌دست‌آمده مطالعات مقاومت ویژه را به زبان قابل فهم برای زمین شناسان، آبشناسان باستان شناسان و غیره تبدیل کند. در روش مقاومت ویژه پارامتر اندازه‌گیری شده، مقاومت ویژه ساختارهای زیرسطحی است. همان‌طور که در بخش‌های قبل ذکر شده مقاومت ویژه ساختارهای مورد مطالعه در گستره وسیعی تغییر می‌کند. مقاومت ویژه هر یک از واحدهای سنگی، آب‌ها و رسوبات از همپوشانی قابل توجهی برخوردار است. همچنین این مقادیر از منطقه‌ای به منطقه دیگر با توجه به تغییر در جنس، اندازه ذرات تشکیل‌دهنده میزان

آب، درجه شوری، تخلخل و میزان شکستگی‌ها تغییرات قابل توجهی نشان می‌دهد. از این رو خروجی نقشه‌های مقاومت ویژه به صورت مستقیم قابل انطباق به ساختارهای زیرسطحی مورد مطالعه نمی‌باشد. در واقع کارشناسی ژئوفیزیک با در نظر گرفتن اطلاعات موجود، اقدام به انطباق قسمت‌های مختلف نقشه به ساختارهای زیرسطحی می‌کند. این اطلاعات با توجه به نوع و اهداف پروژه متفاوت است و ممکن است در برخی از مطالعات تمامی آن‌ها موجود نباشند. در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود:

- مشاهدات صحرایی زمین‌شناسی و تکتونیک منطقه و ...
- ستون چینه نگاری چاه‌ها و مغزه های حفاری در منطقه
- اطلاعات و نقشه‌های سایر روش‌های ژئوفیزیک
- نقشه‌های زمین‌شناسی تکتونیک. توپوگرافی و..
- اطلاعات چاه‌های آب
- عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای
- مطالعات قبلی انجام شده در منطقه
- اطلاعات مرتبط با اهداف پروژه

- تفسیر داده‌های ژئوفیزیک ترکیب پیچیده‌ای از هنر، علم، تمرین، تجربه و شانس می‌باشد. قبل از تفسیر داده‌ها بایستی تمام اطلاعات موجود تکمیل شده و به فرمت‌های مناسب درآمده باشند. در راستای تلفیق نتایج به دست آمده از مطالعات مقاومت ویژه و اطلاعات جانبی استفاده از نرم‌افزارهایی نظیر Arc_Gis و Global Mapper بسیار سودمند است. به این ترتیب که قسمت‌های مناسب از نقشه‌های موجود برش خورده و با استفاده از این نرم‌افزار ژئورفرنس نشده تا لایه‌های مختلف اطلاعاتی بر روی نقشه‌های و مقاطع مقاومت ویژه قرار گیرند. پس از تلفیق قسمت‌های مختلف نقشه‌های مقاومت ویژه به ساختارهای مورد بررسی نسبت داده می‌شوند. تفسیر اطلاعات عمدتاً به صورت کیفی صورت می‌پذیرد و اطلاعاتی از اهداف مورد مطالعه نظیر ویژگی‌های آبخوان، ابعاد رگه معدنی، عمق، شیب، امتداد و گسترش علمی بیان می‌شود.

نحوه نگارش گزارش در پیوست ۱ آمده است.

۳-۱ مشخصات کادر فنی و تجهیزات

۱-۳-۱ مشخصات فنی دستگاه‌ها و تجهیزات

دستگاه‌های مقاومت ویژه در واقع ولت‌مترهای با دقت بالا می‌باشند. دستگاه‌های مقاومت ویژه با توجه به سادگی تکنولوژی ساخت آن در کشورهای مختلفی تولید می‌شوند. از جمله کشورهایی که سابقه طولانی در ساخت این دستگاه‌ها دارند می‌توان به فرانسه، سوئد و کانادا اشاره کرد. از جمله شرکت‌های معتبر در سطح دنیا می‌توان به شرکت‌های آبه سوئد و شرکت آیریس فرانسه اشاره کرد. از آنجاکه شیوه برداشت داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی. پلاریزاسیون القایی و پتانسیل خودزا مشابه است. عمدتاً دستگاه‌های مقاومت ویژه امروزی قابلیت

برداشت داده‌های پلاریزاسیون آلمایی و پتانسیل خودزا را دارا می‌باشند. به منظور اندازه‌گیری داده‌های مقاومت ویژه به تجهیزات و لوازم زیر نیاز می‌باشد:

- دستگاه اصلی مقاومت ویژه (یک یا چندکاناله)
 - منبع تغذیه (در برخی از مدل‌ها امکان اتصال به منبع تغذیه خارجی وجود دارد)
 - قرقره‌ها، سیم‌های فولادی و مسی
 - الکترودها و گیره‌های سوسماری
 - کابل و سویچ باکس (اختیاری)
 - اتصالات مابین دستگاه و قرقره‌ها و اتصالات کامپیوتری
- یکی از پارامترهایی که اکتساب داده‌های مناسب را امکان‌پذیر می‌سازد. استفاده از دستگاه و تجهیزات با کیفیت می‌باشد. بدین منظور برای هر کدام از تجهیزات فوق حداقل استانداردهایی به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود.

۱-۳-۱-۱ دستگاه مقاومت ویژه

- از آنجاکه دامنه کاربری روش مقاومت ویژه بسیار وسیع بوده و در مطالعات مختلفی استفاده می‌شود. با توجه به ابعاد مطالعه این دستگاه‌ها می‌توانند ویژگی‌های مختلفی داشته باشند. با این حال به منظور در نظر گرفتن استانداردهای لازم دستگاه مقاومت ویژه می‌تواند دارای حداقل مشخصات زیر باشد.
- حداقل توان الکتریکی خروجی ۱۰۰ وات. اختلاف ولتاژ ۴۰۰ ولت و جریان ۱ آمپر (جریان و ولتاژ به نحوی تغییر می‌کنند که حاصل ضرب آن‌ها بیش از توان خروجی دستگاه نباشد)
 - توانایی اتصال به منبع تغذیه خارجی در صورت نیاز به توان الکتریکی بالاتر به منظور تزریق جریان بیشتر به درون زمین (اختیاری)
 - دارا بودن مدار تشخیص به منظور تشخیص ولتاژهای DC از پتانسیل خودزا و نویزهای ورودی و حذف آن‌ها
 - توانایی انبارش داده‌های نمایش داده‌ها و انحراف معیار آن‌ها
 - توانایی محاسبه اتوماتیک مقاومت ویژه ظاهری با استفاده از مقادیر فواصل الکتروودی و ضریب هندسی آرایش‌های مرسوم
 - دارا بودن حافظه داخلی به منظور ذخیره داده‌ها و انتقال آن‌ها به کامپیوتر
 - قابلیت ارزیابی نحوه اتصال الکترودها به زمین و محاسبه مقاومت آن‌ها

shaghool.ir

۱-۳-۱-۲ منبع تغذیه

دستگاه‌های مقاومت ویژه عمدتاً از یک باتری داخلی ۱۲ ولت مستقیم تغذیه می‌شوند. این باتری عموماً قابل شارژ بوده و باتری‌های یدک نیز همراه دستگاه موجود است. دستگاه‌های مقاومت ویژه عمدتاً قابلیت کار با باتری ماشین را نیز دارا می‌باشند. علاوه بر این به منظور انجام مطالعات عمیق و در شرایطی که داده‌های مقاومت ویژه همراه با داده‌های پلاریزاسیون القایی اکتساب می‌شوند. در برخی از دستگاه‌ها امکان استفاده از منابع تغذیه خارجی و ژنراتور وجود دارد.

۱-۳-۱-۳ قرقه‌ها و سیم‌ها

به‌منظور ارسال جریان به درون زمین و همچنین اندازه‌گیری اختلاف‌پتانسیل دو سر الکترودهای پتانسیل، نیاز به سیم‌های باکیفیت می‌باشد. سیم‌ها علاوه بر مقاومت در برابر کشش بایستی از مقاومت الکتریکی پایین و پوشش عایق مناسبی برخوردار باشند. سیم‌های جریان عمدتاً سیم‌های چند رشته‌ای بوده که تعدادی از آن‌ها فولادی و تعدادی مسی می‌باشد. سیم‌های گیرنده به‌منظور اندازه‌گیری اختلاف‌پتانسیل‌های کوچک مابین الکترودها عمدتاً سیم‌های افشان مسی می‌باشند.

قرقه‌ها بایستی تا حد امکان سبک، محکم و طراحی مناسبی داشته باشند. طراحی قرقه از این جهت دارای اهمیت است که نیتش سیم به دور قرقه و باز شدن آن به‌راحتی انجام شود. همچنین بایستی محل مناسبی برای اتصال قرقه به دستگاه در نظر گرفته شود.

۱-۳-۱-۴ الکترودها و گیرهای سوسماری

الکترودهای مورد استفاده در روش مقاومت ویژه عمدتاً از جنس فولادی می‌باشند. تمام انواع الکترودها میزانی نوین تولید می‌کنند. این مسئله به‌ویژه در الکترودها پتانسیل حائز اهمیت می‌باشد. در عمل الکترودهای غیر پلاریزه شونده نسبت به الکترودهای فولادی نوین کمتری تولید می‌کنند. همچنین الکترودهای فولادی ضدزنگ نسبت به انواع دیگر آن از این جهت مناسب‌تر می‌باشند. بهتر است الکترودها دارای حداقل طول ۵۰ سانتیمتر و حداقل قطر ۲ سانتیمتر باشند که اتصال آن‌ها با زمین به‌خوبی صورت پذیرد. گیره‌های سوسماری ترجیحاً باید فلز ضدزنگ باشد که به‌مرور زمان از کارایی آن‌ها کاسته نشود.

۱-۳-۱-۵ کابل و سوئیچ باکس

به‌منظور افزایش راندمان در اندازه‌گیری‌های مقاومت ویژه و به حداقل رساندن زمان جابه‌جایی کارگران مابین ایستگاه‌های اندازه‌گیری، شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات نظیر کابل‌های با چندین خروجی و سوئیچ باکس را نیز تولید می‌کنند. مدل‌های ابتدایی این‌گونه تجهیزات نیز در داخل کشور ساخته می‌شود. کابل‌ها عموماً از چند رشته سیم تشکیل شده‌اند که در هر متر از مشخصی از آن‌ها یک خروجی وجود دارد. هر کدام از خروجی‌ها از یک رشته سیم درون کابل منشعب می‌شوند و برای اتصال به الکترودهای پتانسیل در نظر گرفته شده‌اند. از آنجاکه رشته سیم‌ها در کنار هم در یک کابل قرار دارند. پوشش این سیم‌ها بایستی از مواد باکیفیت تهیه شده باشد تا به‌مرور زمان اتصال مابین رشته سیم‌ها برقرار نشود.

سوئیچ باکس وظیفه انتقال نرم‌افزاری محل اندازه‌گیری ایستگاه‌ها را عهده‌دار می‌باشد. به این ترتیب که بعد از پهن شدن کابل روی زمین و اتصال تمام الکترودهای پتانسیل به کانال‌های مرتبط. اپراتور در محل استقرار دستگاه عمل جابه‌جایی محل ایستگاه‌های اندازه‌گیری را توسط سوئیچ باکس انجام می‌دهد.

۱-۳-۱-۶ اتصالات

اتصالات مابین دستگاه و قرقه‌ها عمدتاً توسط تجهیزاتی که توسط شرکت سازنده ارائه می‌شود. صورت می‌گیرد. در تعمیر این صورت بهترین اتصالات سیم‌های از جنس مسی افشان می‌باشند. کابل اتصال دستگاه به کامپیوتر نیز توسط شرکت سازنده ارائه می‌شود.

مشخصات کادر فنی انجام خدمات

پرسنل فنی یک عملیات ژئوفیزیکی بایستی توانایی‌های جسمانی مناسب را داشته باشند و بتوانند در شرایط مختلف آب و هوایی و توپوگرافی انجام‌وظیفه نمایند. همچنین آشنایی با مسائل اولیه فنی و الکتریکی از دیگر مواردی است که در پرسنل فنی در عملیات صحرایی بایستی با آن آشنا باشند. به‌طور کلی در هر عملیات برداشت. تفسیر و گزارش‌نویسی یک پروژه مقاومت ویژه الکتریکی افراد زیر حضور دارند:

- کارشناس ارشد (مسئول) پروژه

- کارشناس صحرایی

- تکنسین صحرایی (۲ نفر)

- کارگران (۴ نفر)

- راننده

۱-۲-۳-۱ کارشناس ارشد پروژه

کارشناس ارشد پروژه بایستی حداقل دارای مدرک کارشناسی ارشد در رشته ژئوفیزیک بوده و بیش از ۵ سال سابقه کار مفید در زمینه مقاومت ویژه الکتریکی داشته باشد. همچنین کارشناس ارشد رشته‌های مهندسی اکتشاف معدن و زمین‌شناسی اقتصادی با بیش از ۸ سال سابقه کار مفید در این زمینه نیز می‌تواند این سمت را به عهده بگیرند.

کارشناس ارشد بایستی به اصول اکتشاف به روش مقاومت ویژه مسلط باشد. همچنین به مسائل فنی مربوط به دستگاه و تجهیزات جانبی آشنا باشد و دفترچه راهنمای دستگاه‌ها و تجهیزات را مطالعه کرده باشد. طراحی برداشت و انتخاب آرایش‌های صحرایی مورد استفاده با توجه به اهداف پروژه توسط کارشناس ارشد صورت می‌پذیرد. آشنایی کامل با نرم‌افزارها و همچنین روش‌ها و فن‌های مدل‌سازی، تطبیق بی‌هنجاری‌ها با مشاهدات زمین‌شناسی آب‌شناسی باستان‌شناسی و غیره و همچنین تسلط به امور مدیریتی از دیگر توانایی‌های یک کارشناس ارشد پروژه است. همچنین کارشناس ارشد بایستی به روش تهیه گزارش‌های فنی و موارد مورد نیاز برای تهیه آن مسلط بوده و بتواند یک پروژه را از ابتدا تا انتها به انجام رسانده و نسبت به آن پاسخگو باشد.

۱-۳-۲-۲ کارشناس صحرایی

یک کارشناس ژئوفیزیک که در عملیات صحرایی در درستی گروه برداشت را به عهده می‌گیرد. بایستی حداقل دارای مدرک کارشناسی دریکی از رشته‌های ژئوفیزیک، معدن یا زمین‌شناسی بوده و حداقل ۳ سال سابقه کار مفید در زمینه برداشت داده‌های مقاومت ویژه داشته باشد. کارشناس بایستی دارای تجربه کافی بوده و دوره‌های آموزشی برداشت داده‌های مقاومت الکتریکی را دیده باشد. او بایستی بتواند داده‌ها را تخلیه و نقشه‌ها را در پایان هرروز رسم نماید. همچنین کارشناس بایستی بر کار تکنسین‌ها و کارگران نظارت داشته باشد و صحت برداشت‌ها را کنترل نماید؛ بنابراین کار با نرم‌افزارهای تخصصی مرتبط از مهارت‌های یک کارشناس در برداشت مقاومت ویژه است.

۱-۳-۲-۳ تکنسین صحرایی

تکنسین‌ها بایستی حداقل دارای مدرک دیپلم ریاضی تجربی یا فنی بوده و دارای بیش از ۵ سال سابقه در این زمینه باشند. یک تکنسین بایستی بتواند با دستگاه به‌خوبی کار کرده و درستی داده‌ها را تشخیص دهد و در صورتی که موارد بی‌هنجاری را مشاهده نماید کارشناس را در جریان قرار دهد. همچنین کنترل وسایل موردنیاز برای برداشت. چک کردن باتری‌ها، شارژ نمودن آن‌ها بعد از پایان هرروز عملیات صحرایی، تخلیه دستگاه‌ها، کار با رایانه دستی در حدی که بتواند نرم‌افزارهای مورد لزوم را برای تخلیه دستگاه به کاربرد از وظایف تکنسین می‌باشد.

۱-۳-۲-۴ کارگران

کارگران عمدتاً در هر محدوده مطالعاتی از محل تأمین می‌شوند و وظیفه حمل و آماده‌سازی الکترودهای گسترده کابل‌ها و جمع‌آوری آن‌ها را دارا می‌باشند. همچنین حمل دستگاه و تجهیزات از خودرو به محل کار و بالعکس به عهده آن‌ها می‌باشد. با توجه به اهمیت راندمان کار بایستی کارگران تا حد امکان جوان بوده و سواد خواندن و نوشتن داشته باشند تا شماره ایستگاه‌ها و پروفیل‌ها را تشخیص دهند. این افراد در ابتدای عملیات برداشت توسط کارشناس تکنسین‌ها آموزش‌های لازم را می‌بینند.

shaaghool.ir

۱-۳-۲-۵ راننده

راننده بایستی تا حدی به امور فنی آگاه باشند تا بتواند در شرایط بحرانی اکیپ را به مقصد موردنظر رسانده و بازگرداند.

۱-۳-۳-۱ چک‌لیست وسایل و کارکنان

جهت اطمینان از آمادگی انجام یک پروژه ژئوفیزیکی معمولاً فهرستی از تجهیزات و پرسنل موردنیاز تهیه و همه موارد لازم در آن قید می‌شود. گاهی به دلیل فراموش کردن یک مورد به‌ظاهر بی‌اهمیت کل انجام پروژه برای یک یا چند روز ناخواسته به تعویق می‌افتد.

۱-۳-۳-۱ چک لیست وسایل و تجهیزات

همه وسایل و تجهیزات موردنیاز بایستی مدنظر قرار گیرد. گاهی یک ابزار ممکن است در طول یک پروژه اصلاً مورد استفاده قرار نگیرد ولی در حالت خاصی به آن نیاز می‌شود و بدون آن کار متوقف می‌گردد. کلیه تجهیزات موردنیاز به‌منظور انجام یک پروژه مقاومت ویژه الکتریکی به‌صورت زیر فهرست شده‌اند.

۱-۱-۳-۳-۱ تجهیزات اصلی

- شامل تجهیزاتی می‌شود که شروع یا انجام اندازه‌گیری داده‌ها بدون آن‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد و عبارت‌اند از:
- ۱- دستگاه اندازه‌گیری مقاومت ویژه بایستی سالم و آماده کار باشد.
 - ۲- باتری دستگاه بایستی شارژ شده و سلامت آن‌ها توسط ولت‌متر بررسی شود.
 - ۳- منبع تغذیه خارجی بایستی سالم و آماده کار باشد در برخی مدل‌ها
 - ۴- کابل‌های سیم‌ها و قرقره‌ها باید سالم بوده و عدم نشتی جریان در آن‌ها توسط ولت‌متر بررسی شود.
 - ۵- الکترودها و گیره‌های سوسماری باید سالم بوده و زنگ‌زدگی احتمالی آن‌ها توسط سمباده برطرف شود. بهتر است همواره چند الکترود و گیره یدکی همراه اکیپ باشد.
 - ۶- اتومبیل صحرائی باید دو دیفرانسیل. دارای بیمه‌نامه شخص ثالث و از هر نظر سالم و سوخت کافی همراه داشته باشد. در نواحی دور از آبادی لازم است برای جابه‌جایی کارگران نیز وسیله‌ی به خدمت گرفته شود.
 - ۷- رایانه قابل حمل حاوی برنامه‌های نرم‌افزاری مربوطه به‌منظور تخلیه داده‌ها و پردازش‌های اولیه در پایان هرروز کاری لازم است.

shaghool.ir

۱-۳-۳-۱-۲ تجهیزات کمکی

شامل تجهیزاتی می‌شود که شروع یا انجام اندازه‌گیری داده‌ها بدون آن‌ها امکان‌پذیر است ولی به‌منظور انجام مناسب مطالعات مقاومت ویژه ضروری هستند. این تجهیزات عبارت‌اند از:

- ۱- ابزاری مانند پیچ‌گوشتی در سایزهای موردنیاز و انبر دسته سیم‌چین و آچارهای موردنیاز
- ۲- بیسیم کوتاه برد تاکی-واکی مخصوصاً در نواحی کوهستانی جهت ارتباط بین افراد اکیپ

- ۳- لنت برق جهت پوشش دادن سیم‌های زخمی و جلوگیری از ایجاد خطاهای اندازه‌گیری
- ۴- دبه بنزین اضافی و روغن موتور برای موتور ژنراتور (در صورت استفاده از ژنراتور)
- ۵- ولت‌متر به منظور ارزیابی نشتی سیم و کابل و بررسی باطری‌ها
- ۶- باطری یدکی برای دستگاه مقاومت ویژه
- ۷- کات‌کبود در صورت استفاده از الکترودهای غیر پلاریزه شونده
- ۸- نمک برای استفاده در محل الکترودهای جریان (در صورت نیاز)
- ۹- چکش یا پتک، بیل یا بیلچه (مخصوص الکترودهای غیر پلاریزه شونده) و دستکش ایمنی
- ۱۰- در نواحی خشک و دور از آبادی لازم است چندین دبه آب جهت مرطوب کردن محل الکترودها و دیگر مصارف همراه باشد.
- ۱۱- در نواحی دور از شهر لازم است نهار و مواد خوراکی و نوشیدنی برای همه افراد اکیپ فراهم و همراه باشد.
- ۱۲- جعبه کمک‌های اولیه پزشکی حاوی کیت نیش مار
- ۱۳- زیرانداز یا صندلی تاشو صحرایی و سایه بان (اختیاری) برای کادر فنی مخصوصاً اپراتور دستگاه
- ۱۴- کیف محتوی نوشت‌افزار و دفترچه راهنمای دستگاه
- ۱۵- پرونده پروژه (قرارداد، طراحی اولیه موافقت‌نامه‌ها، اطلاعات زمین‌شناسی و غیره)
- ۱۶- جی‌پی‌اس یا کمپاس و نقشه‌های توپوگرافی یا عکس‌های هوایی
- ۱۷- کیسول آتش‌نشانی برای اتومبیل
- ۱۸- لوازم شخصی و کوله‌پشتی
- ۱۹- دوربین عکاسی جهت گرفتن عکس‌ها و تهیه مستندات
- ۲۰- متر با طناب مترآژ شده به همراه اسپری رنگ

۱-۳-۲ چک‌لیست کارکنان

همان‌طور که در فصول قبل ذکر نشد، کارکنان در پروژه مقاومت ویژه به شرح ذیل می‌باشد:

- ۱- کارشناس ارشد
- ۲- کارشناس
- ۳- تکنسین (دو نفر)
- ۴- کارگر (چهار نفر)
- ۵- راننده

لازم است که کلیه کارکنان پروژه بیمه باشند.

۴-۱ نحوه محاسبه حق الزحمه

۴-۱-۱ عوامل تأثیرگذار در هزینه‌ها

هزینه‌های یک پروژه ژئوفیزیک به صورت عمده در ۴ بخش هزینه نیروی انسانی، هزینه کارگاهی دستگاه و تجهیزات و حمل و نقل طبقه‌بندی می‌شود. در ادامه نحوه محاسبه ریز هزینه‌ها در هر یک از این پارامترها آورده می‌شود.

۴-۱-۱-۱ نیروی انسانی

- به‌طور معمول گروه ژئوفیزیک برای انجام برداشت داده‌های مقاومت ویژه متشکل از یک کارشناس ارشد، یک کارشناس صحرائی و دو تکنسین می‌باشد. همچنین به‌منظور انجام پردازش، تفسیر و ارائه گزارش نهایی به یک کارشناسی ژئوفیزیک نیاز می‌باشد. لازم به ذکر است که حضور و فعالیت کارشناس ارشد در صحرا به ازای هر ۴ روز فعالیت سایر اعضای گروه ۱ روز می‌باشد. همچنین به ازای هر روز فعالیت صحرائی گروه ژئوفیزیک ۱ روز فعالیت کارشناس دفتری برای تهیه گزارش نیاز می‌باشد.

- در مناطق مختلف کشور و فصول مختلف هزینه کارگری متفاوت می‌باشد. به‌طور متوسط برای برداشت داده‌های مقاومت ویژه به‌طور متوسط روزانه به ۴ کارگر احتیاج است.

۴-۱-۱-۲ هزینه کارگاهی

- هزینه اسکان هزینه محل استقرار اکیپ که شامل پرسنل فنی و راننده گروه می‌باشد. دور و نزدیکی محل عملیات صحرائی به شهرها و امکانات اسکان در مناطق مختلف، متفاوت است. این هزینه به‌طور متوسط هزینه اجاره روزانه یک اتاق ۴ نخته در یک مهمانسرای متعارف است.

- هزینه خوراک، هزینه ۳ وعده‌غذای پرسنل فنی (صحرائی). راننده گروه و کارگران می‌باشد.

- هزینه خودرو شامل اجاره یک وانت صحرائی دو کابین و دو دیفرانسیل به‌منظور جابجایی در دخل و تجهیزات به منطقه و جابه‌جایی درون منطقه می‌باشد.

۴-۱-۱-۳ دستگاه و تجهیزات

با توجه به کارایی و کیفیت دستگاه مقاومت ویژه و تجهیزات جانبی آن اعم از سیم و کابل قرقره‌ها و الکترودها هزینه دستگاه متفاوت است. با این حال قیمت متوسط استهلاک تجهیزات آنالیز شده و در نظر گرفته شده است.

۱-۴-۲ بازده

بازده عملیات صحرائی تابعی از عوامل زیر است:

۱- نوع آرایش الکتریکی. فواصل ایستگاهی و ابعاد آن

۲- تجهیزات مورد استفاده

۳- توپوگرافی محدوده مورد مطالعه

۴- نوع مطالعات (۱ بعدی. ۲ بعدی و ۳ بعدی)

در جدول ۱-۱ تعداد نقاط برداشتی روزانه داده‌های مقاومت ویژه با استفاده از آرایش‌های مختلف و در شرایط توپوگرافی مختلف آورده شده است:

جدول ۱-۱- تعداد نقاط روزانه قابل برداشت در آرایش‌های مختلف مقاومت ویژه

| نوع آرایش | فاصله ایستگاهی (متر) | شرایط توپوگرافی | | |
|------------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------|---------|
| | | دشت | تپه ماهور | کوهستان |
| ونر | ۱۰ | ۲۰۰ | ۱۷۰ | ۱۴۵ |
| | ۲۰ | ۱۴۰ | ۱۲۰ | ۱۰۰ |
| | ۴۰ | ۱۰۰ | ۸۵ | ۷۰ |
| دوقطبی - دوقطبی و قطبی - دوقطبی | ۱۰ | ۲۵۰ | ۲۱۰ | ۱۸۰ |
| | ۲۰ | ۱۸۰ | ۱۴۵ | ۱۲۵ |
| | ۴۰ | ۱۲۵ | ۱۰۵ | ۹۰ |
| مستطیلی | ۱۰ | ۲۲۰ | ۱۸۵ | ۱۵۵ |
| | ۲۰ | ۱۵۵ | ۱۳۰ | ۱۱۰ |
| | ۴۰ | ۱۱۰ | ۹۰ | ۸۰ |
| قطبی - قطبی | ۱ | ۳۵۰ | - | - |
| | ۵ | ۳۰۰ | - | - |
| سونداژ شلومبرژه | AB=400 m | ۵ | - | - |
| | AB=1000 m | ۳ | - | - |

تعداد داده‌های برداشتی در شرایط مختلف با استفاده از یک فرمول تجربی به دست آمده و در جدول فوق جایگزین شده است. مقادیر محاسباتی با استفاده از دستگاه ۱ کاناله و بدون استفاده از کابل و سویچ باکس می‌باشد.

۳-۴-۱ ضریب شرایط مختلف اقلیمی

مناطق مختلف کشور از نظر آب و هوایی و دسترسی به امکانات شهری نظیر جاده و امکانات رفاهی، زیرساخت‌ها، شرایط اجتماعی و امنیتی بسیار متفاوت می‌باشند. برای روش‌های مختلف ژئوفیزیک این ضریب می‌تواند متفاوت باشد. برای روش مقاومت ویژه الکتریکی این ضریب به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R_2 = \frac{(R+0.75)}{1.75}$$

که در آن ضریب منطقه‌ای حقوق عوامل نظارت کارگاهی اعلام شده برای مناطق مختلف کشور توسط سازمان برنامه و بودجه کشور می‌باشد.

۴-۴-۱ تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش مقاومت ویژه الکتریکی

در محاسبه حق الزحمه جدول زیر هزینه‌های اکیپ روز شامل برداشت. هزینه‌های پردازش تهیه گزارش‌ها و مدارک و سایر هزینه‌های بالاتری شرکت مانند هزینه‌های کادر اداری، هزینه‌های دفتری (پرسنل فنی) مالیات، سود و بیمه لحاظ شده است.

جدول ۲-۱ - تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش مقاومت ویژه الکتریکی

| شماره | شرح | واحد | بها (ریال) |
|-------|--|----------|------------|
| ۱ | حق الزحمه مطالعات ژئوفیزیک به روش مقاومت ویژه الکتریکی | اکیپ روز | ۳۹,۵۰۲,۰۰۰ |
| ۲ | هزینه حمل افراد و وسایل از دفتر مشاور به کارگاه و بالعکس در جاده‌های آسفالتی | کیلومتر | ۴۶,۰۲۳ |
| ۳ | هزینه حمل افراد و وسایل از دفتر مشاور به کارگاه و بالعکس در جاده‌های خاکی | کیلومتر | ۸۱,۶۵۴ |



فصل ۲

روش پلاریزاسیون القایی

shaghool.ir

۲-۱ کلیات

۲-۱-۱ معرفی روش

روش پلاریزاسیون القایی (IP) یا قطبش القایی روشی است که در آن جریان الکتریکی اولیه تزریق شده به زمین توسط عوامل درون زمین پلاریزه می‌گردد و بارهای مثبت و منفی از یکدیگر تفکیک می‌شوند و سپس با قطع جریان اولیه بارهای مثبت و منفی برای برگشت زمین به حالت اولیه جریان ثانویه را به وجود می‌آورند که از روی سطح زمین قابل اندازه‌گیری می‌باشد. در حقیقت این جریان ثانویه نشان‌دهنده این است که چه مقدار زمین مورد مطالعه قابل پلاریزه بوده است. در واقع زمین به نوعی نقش یک خازن الکتریکی را بازی می‌کند که در هنگام وصل جریان اولیه شارژ و در هنگام قطع جریان تخلیه می‌شود.

دو سازوکار اصلی که پدیده پلاریزاسیون القایی را توجیه می‌کند عبارت‌اند از پلاریزاسیون فلزی (الکترودی یا الکترونی) و پلاریزاسیون غشایی (الکترولیتی) یا غیرفلزی.

در پلاریزاسیون فلزی این بارهای الکتریکی مثبت و منفی می‌باشند که در زمان وصل جریان اولیه از یکدیگر تفکیک و در زمان قطع جریان اولیه با حرکتشان جریان القایی را شکل می‌دهند. چون بارهای الکتریکی در سطح دانه‌های فلزی و رسانا جمع می‌شوند بنابراین پدیده IP یک پدیده سطحی است و نه حجمی و هر چه سطح یک‌دوره بیشتر باشد پلاریزاسیون قوی‌تر اتفاق می‌افتد.

پلاریزاسیون غشایی که معمولاً حد زمینه را در یک محدوده اکتشافی ارائه می‌دهد در ارتباط با کانی‌های تعمیر فلزی تولید می‌شود. در این حالت در زمان وصل جریان اولیه، الکترولیت‌های داخل سنگ‌ها یونیزه می‌شوند و یون‌های مثبت به سمت فصل مشترک بخش جامد و آبدار سنگ جذب شده و لایه بسیار نازکی از بار مثبت تشکیل می‌شود در حالی که بارهای منفی داخل الکترولیت از سطح مشترک رانده می‌شوند. زمانی که جریان تزریقی قطع می‌شود عدم تعادل به وجود آمده در تمرکز یون‌ها برای برگشت به حالت عادی خود باعث ایجاد پتانسیل IP می‌شود. علاوه بر این وجود ذرات پراکنده رس یا کانی‌های رشت‌ای نیز باعث تمرکز بارهای منفی می‌شوند و جذب یون‌های مثبت به طرف این بارهای منفی تمرکزی از بارهای مثبت را در خلل و فرج و بخش‌های رس‌دار به وجود می‌آورد که با قطع جریان الکتریکی تزریقی بازگشت یون‌های مثبت و منفی به حالت اولیه باعث ایجاد ناسخ پلاریزاسیون القایی در اندازه‌گیری می‌شود.

برای اندازه‌گیری پلاریزاسیون القایی به‌طور معمول دو روش مورد استفاده قرار می‌گیرد. الف روش حوزه زمان با روش حوزه فرکانس

۲-۱-۱-۱ روش حوزه زمان

در روش حوزه زمان، جریان اولیه برای مدت معینی معمولاً بین ۱ تا ۱۶ ثانیه به زمین تزریق (شارژ) و پس از قطع جریان پتانسیل القایی (شارژ) در بازه زمانی معینی (معمولاً برابر با زمان شارژ) اندازه‌گیری می‌شود. در این تکنیک مقدار پتانسیل مشاهده‌شده در حالت شارژ زمین شامل دو قسمت است: یکی پتانسیل حقیقی مربوط به جریان تزریق‌شده (V) و دیگری ولتاژ اضافی (VP) که حاصل اثر پلاریزاسیون زمین است. زمانی که جریان قطع می‌گردد کل پتانسیل ابتدا به‌صورت لحظه‌ای به اندازه V کاهش می‌یابد و سپس ولتاژ اضافی به‌صورت یک منحنی واپاشی طی زمانی که تخلیه یا دشارژ نامیده می‌شود به صفر می‌رسد.

۲-۱-۱-۲ روش حوزه فرکانس

در روش حوزه فرکانس، مقاومت ویژه ظاهری در دو فرکانس مختلف کمتر از ۱۰ هرتز (معمولاً $1/0$ و $3/0$ یا ۱ و ۳ هرتز) اندازه‌گیری می‌شوند. مقاومت ویژه ظاهری سنگ در فرکانس پائین تر (paF) بیشتر از مقدار نظیر آن در فرکانس بالاتر (paF) است.

۲-۱-۲ حوزه‌های کاربرد

روش پلاریزاسیون القایی در حوزه‌های مختلف کاربرد دارد ولی مهم‌ترین آن‌ها در اکتشاف مواد معدنی مخصوصاً مواد معدنی فلزی می‌باشد. فلزات به دلیل اینکه دارای هدایت الکتریکی می‌باشند به راحتی بر اثر یک جریان الکتریکی تزریقی پلاریزه می‌شوند و بنابراین بهترین هدف جهت اکتشاف به روش پلاریزاسیون القایی می‌باشند. همان‌طور که گفته شده پدیده IP یک پدیده سطحی می‌باشد و هر چه سطح مواد فلزی بیشتر باشد، پاسخ بهتری دریافت خواهیم کرد. از این سخن این نتیجه به دست می‌آید که کانی‌های فلزی رسانا با حالت افشان یا دسمینه پاسخ بهتری به IP ارائه می‌کنند. بدین لحاظ کانسارهایی مانند مس، سرب، آهن (منیتیت)، طلا و به‌طور کلی سولفیدهایی با جلالی فلزی، فلزات ناتیبو رسانا، ارسنات ها و سولفور ارسنات ها مناسب جهت اکتشاف با روش IP می‌باشند.

در مورد کانی‌های غیرفلزی کانی‌هایی همچون رس‌ها و زغال‌سنگ اهداف خوبی جهت اکتشاف با این روش می‌باشند. به‌طور کلی اختلاف خواص هدایت الکتریکی بین کانی و سنگ دربرگیرنده لازمه اکتشاف با روش IP می‌باشد. در اکتشاف کانسارها، روش IP علاوه بر توانایی جهت مشخص کردن محدوده سطحی آنومالی، قادر می‌باشد که با به-کاربردن آرایش‌های مختلف اطلاعاتی در مورد عمق و شکل زیرزمینی کانسار فراهم نماید.

به جز اکتشاف مواد معدنی، کاربرد دیگری برای IP وجود دارد و آن مشخص کردن مرز بین آب شور و شیرین در سفره‌های زیرزمینی می‌باشد. ولی به دلیل اینکه این روش از روش مقاومت سنجی الکتریکی پرهزینه‌تر می‌باشد برای این هدف کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ بنابراین بیشترین کاربردهای روش پلاریزاسیون القایی به ترتیب اولویت شامل موارد ذیل می‌باشد:

- ۱- اکتشاف مواد معدنی فلزی با جلای فلزی و به صورت افشان (دسمینه)
- ۲- اکتشاف مواد معدنی فلزی با جلای فلزی و به صورت رگ‌های و توده‌ای (ماسیو).
- ۳- اکتشاف مواد معدنی غیرفلزی دارای کانی‌های رسمی و زغال سنگ
- ۴- تعیین مرز بین جبهه آب‌های شور و شیرین در منابع آب‌های زیرزمینی مخصوصاً در سواحل و مناطق کویری

۲-۲ انجام عملیات صحرائی و برداشت اطلاعات

به‌طور کلی در انجام عملیات صحرائی ژئوفیزیکی با روش پلاریزاسیون القایی سه مرحله مختلف وجود دارد که در مورد آن‌ها بحث می‌شود.

۲-۲-۱ طراحی عملیات صحرائی

در این مرحله ضمن جمع‌آوری اطلاعات موجود با توجه به هدف از انجام عملیات علاوه بر مشخص کردن روشی که باید کار ژئوفیزیکی انجام شود. با دانستن ابعاد تقریبی هدف و نیز توجه به شرایط زمین‌شناسی و توپوگرافی و نحوه دسترسی به منطقه و نیز وجود تأسیسات بشر ساز مانند وجود ابنیه، خطوط راه‌آهن و لوله‌ها و کابل‌های برق شیوه انجام عملیات صحرائی طراحی می‌گردد. به‌عنوان مثال در اکتشاف مواد معدنی اگر بر فرض ماده معدنی به شکل رگه یا دایک باشد. اندازه‌گیری‌های ژئوفیزیکی باید در روندی عمود بر امتداد رگه باشد یا اگر در شرایط زمین‌شناسی رسوبی. ماده معدنی از لایه‌بندی‌ها تبعیت می‌کند. پروفیل‌های اندازه‌گیری باید عمود بر روند زمین‌شناسی انتخاب گردد. هم‌چنین با توجه به ابعاد ماده معدنی فاصله ایستگاه‌های اندازه‌گیری تعیین می‌گردد. به‌طور کلی جهت انجام یک عملیات موفق فاصله ایستگاه‌های اندازه‌گیری باید کوچک‌تر یا مساوی نصف کمترین ضخامت رگه یا لایه معدنی مورد انتظار باشد. نامطمئن باشیم حداقل در هر پروفیل دو اندازه‌گیری روی ماده معدنی انجام می‌شود. فاصله پروفیل‌ها معمولاً مساوی تا حداکثر ۳ برابر فاصله ایستگاه‌های اندازه‌گیری انتخاب می‌شوند. چون فاصله‌های بیشتر می‌تواند باعث از دست دادن اطلاعات در مورد تغییرات ضخامت یا گم کردن روند کانی سازی گردد.

۲-۲-۲ شبکه‌بندی و آرایش‌های صحرائی

پس از مشخص کردن فاصله ایستگاه‌ها و فاصله خطوط پیمایش (پروفیل‌ها) و نیز تعیین جهت جغرافیایی پروفیل‌ها باید ایستگاه‌های اندازه‌گیری قبل از نمایش روی زمین مشخص کردند. مشخص کردن این ایستگاه‌ها باعث می‌شود که اگر نیاز به تکرار اندازه‌گیری با پیمایش با روش مکمل وجود داشت بتوانیم از همان ایستگاه‌ها جهت مقایسه‌های بعدی استفاده کنیم و همچنین در گام‌های بعدی اکتشاف مانند انجام عملیات حفاری اکتشافی و تعیین نقاط حفاری. این ایستگاه‌ها آدرس‌های مناسبی خواهند بود. اگرچه امروز با وجود سیستم

GPS در بعضی روش‌های ژئوفیزیک علامت‌گذاری ایستگاه‌ها روی زمین کمتر معمول گردیده ولی جایی که کار تفصیلی با دانسیته زیاد ایستگاه‌ها انجام می‌شود، نیاز است که ایستگاه‌ها روی زمین علامت‌گذاری گردند. نحوه علامت‌گذاری با توجه به بودجه و هزینه‌ای که می‌خواهیم انجام دهیم و نیز حساسیت موضوع پروژه و همچنین طولانی بودن یا کوتاه‌مدت بودن پروژه متفاوت است. برای پروژه‌های کوتاه‌مدت و با حساسیت کمتر، معمولاً از کپه سنگ و پاشیدن رنگ بر روی آن و یا نوشتن اسم ایستگاه روی سنگ علامت‌گذاری انجام می‌شود. فراتر از آن می‌توان از میخ‌های چوبی که داخل زمین کوبیده می‌شوند استفاده کرد. در این پروژه‌ها از ساختن سکوی سیمانی در محل ایستگاه‌ها کمتر استفاده می‌شود. مگر برای علامت‌گذاری به‌منظور مشخص کردن ایستگاه‌های حفاری پیشنهادی- شبکه‌بندی می‌تواند توسط متر با طناب علامت‌گذاری شده و کمپاس (قطب‌نما) یا PS و یا توسط دوربین نقشه‌برداری انجام شود.

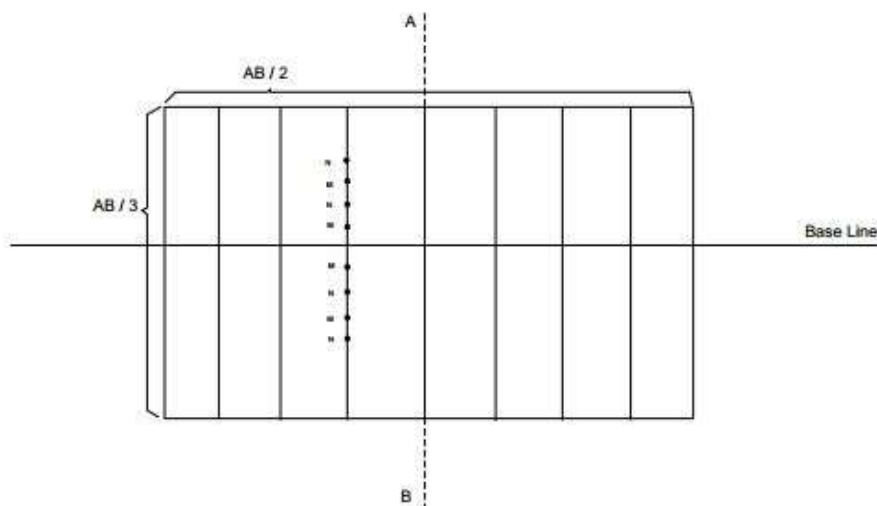
نام‌گذاری ایستگاه‌ها بیشتر سلیقه‌ای می‌باشد ولی به‌هرحال باید به شکلی نام‌گذاری شوند که پیدا کردن ایستگاه‌ها بر اساس نام آن‌ها به سهولت انجام گیرد. برای این کار باید نقطه‌ای به‌عنوان ایستگاه مبنا انتخاب گردد و بقیه ایستگاه‌ها با توجه به فاصله از آن سنجیده شوند. به‌عنوان مثال اگر روند پروفیل‌ها شمالی جنوبی و فاصله آن‌ها از یکدیگر ۵۰ متر و فاصله ایستگاه‌های اندازه‌گیری ۲۰ متر باشد و شماره پروفیل‌ها را می‌توان به‌صورت E50-100E 150E شماره ایستگاه‌ها را به شکل ... 20N-40N-60N نشان داد و بنابراین آدرس کلی هر ایستگاه می‌تواند به‌صورت کسری که شماره ایستگاه در صورت و شماره پروفیل در مخرج آن قرار گرفته نوشته شود (مانند 20N/50E یا 60S/150W) نام ایستگاه مبنا ۰۰/۰۰ می‌باشد.

در عمل همه آرایش‌هایی که در روش مقاومت سنجی الکتریکی بکار می‌روند قابل‌استفاده در روش پلاریزاسیون القایی می‌باشند ولی در روش پلاریزاسیون القایی نسبت به روش مقاومت سنجی الکتریکی از آرایش‌های محدودتری جهت انجام عملیات صحرائی استفاده می‌شود. در اینجا سه آرایش مهم که معمولاً در اکتشاف مواد معدنی با روش پلاریزاسیون القایی کاربرد دارد. ذکر می‌گردد.

۲-۲-۱- آرایش مستطیلی:

در این آرایش یک دوقطبی فرستنده ثابت (AB) جریان الکتریکی را به زمین تزریق و اندازه‌گیری‌ها بین زوج الکترود پتانسیل (گیرنده) MN که در طول خط پیمایش و موازی AB حرکت می‌کند انجام می‌شود. انتخاب فاصله الکترودهای جریان (AB) به عمق کانی سازی و طول MN به عرض ماده معدنی بستگی دارد. هر چه عمق ماده معدنی بیشتر باشد طول AB بزرگ‌تر و هر چه عرض ماده معدنی بیشتر باشد طول MN را افزایش می‌دهیم. ولی به‌هرحال طول باید کوچک‌تر یا مساوی نصف کمترین ضخامت ره یا لایه معدنی مورد اکتشاف باشد. نسبت طول AB/MN معمولاً بین ۱۰ تا ۵۰ متغیر است. فاصله بین پروفیل‌ها نیز به نوع کانی سازی و ابعاد کانسار بستگی دارد و معمولاً بین ۱ تا ۵ برابر طول انتخاب می‌شوند. اندازه‌گیری‌ها به نقطه وسط MN نسبت داده می‌شود و عمق اکتشاف برابر $AB/2$ پیش‌فرض می‌شود. اندازه‌گیری‌ها در داخل یک مستطیل (شکل ۱-۳) که وسط AB قرار گرفته انجام می‌شود عرض این مستطیل که موازی خط AB می‌باشد برابر $ABS/3$ و طول آن برابر $AB/2$ در نظر گرفته می‌شود.

چون با استفاده از این روش می‌توان در زمان کوتاه‌تری منطقه وسیع‌تری را پوشش داده از آن به‌عنوان یک پیمایش اولیه استفاده می‌شود و با توجه به نتایج آن می‌توان برای آرایش‌های دیگر برنامه‌ریزی نمود. این آرایش به کانسارهایی که حالت افقی دارند پاسخ بهتری ارائه می‌کند و پاسخ آن به توده‌های عمودی مانند دایک‌ها ورگه‌های قائم ضعیف‌تر می‌باشد.



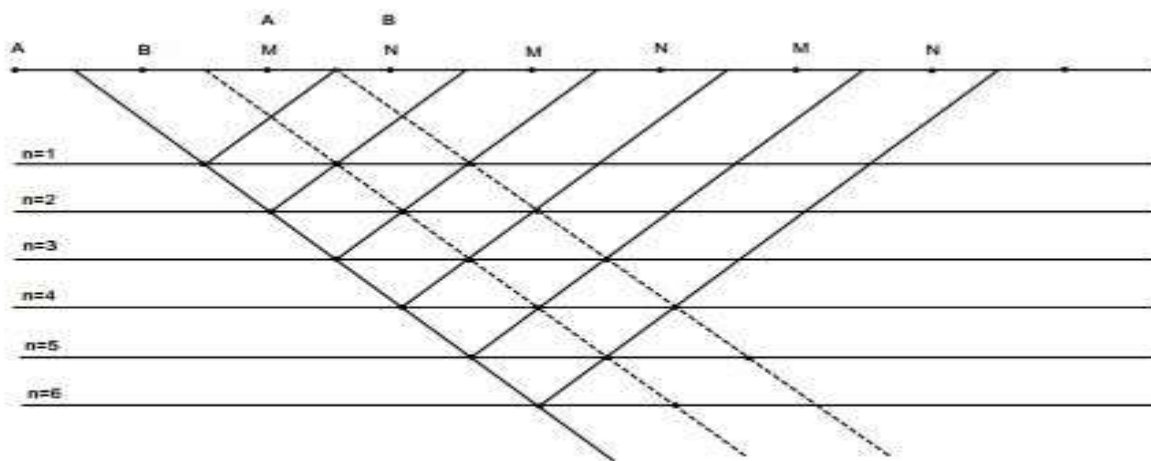
شکل ۲-۱. آرایش مستطیلی

۲-۲-۲-۲ آرایش دوقطبی - دوقطبی یا داپبل داپیل:

در این آرایش زوج الکتروود جریان AB و زوج الکتروود پتانسیل MN در یک خط و خارج از یکدیگر قرار می‌گیرند.

در این آرایش معمولاً طول AB برابر طول MN انتخاب می‌شود و چون آرایش متقارن است اندازه‌گیری‌ها به نقطه وسط BM نسبت داده می‌شوند.

عمق محاسبانی کاوش وسط محل تقاطع خطوطی که از وسط MN و وسط AB با زاویه ۴۵ درجه رسم می‌شوند به دست می‌آید (شکل ۲-۴) و بنابراین با دور شدن زوج AB از زوج MN عمق کاوش افزایش می‌یابد. در عمل ابتدا محل AB ثابت و پس از هر اندازه‌گیری محل MN به اندازه طول MN از AB دور می‌شود (برش) و اندازه‌گیری بعدی انجام می‌شود و بدین ترتیب عمق‌های بیشتر اندازه‌گیری می‌شود.



شکل ۲-۲. آرایش دوقطبی - دوقطبی

پس از چند اندازه‌گیری (معمولاً بین ۵ تا ۸ اندازه‌گیری، بسته به عمق مورد نیاز کاوش. مقاومت الکتریکی زمین و قدرت جریان الکتریکی) محل AB نیز به اندازه طول AB تغییر محل می‌دهد و اندازه‌گیری‌های جدید به شکل فوق انجام می‌گیرد. آرایش دایپل دایپل معمولاً در مکان‌هایی که در آرایش‌های مقدماتی مانند مستطیلی بی‌هنجاری ژئوفیزیکی به دست آمده جهت عملیات تفصیلی و آگاهی از عمق و چگونگی شکل ماده معدنی در زیرزمین استفاده می‌شود و کمک زیادی در تعیین محل حفاری‌های اکتشافی دارد.

۲-۲-۳-۲-۲ آرایش دایپل - دایپل یا سه الکترودی:

در این آرایش از سه الکتروود که در طول خط پیمایش متحرک هستند (الکتروودهای AMN) و یک الکتروود جریان ثابت B که در بی‌نهایت قرار داده شده تشکیل می‌گردد و بدین ترتیب میدان الکتریکی موجود در محدوده اندازه‌گیری به جریان انتشار یافته از A بستگی دارد. بعد از هر اندازه‌گیری دو الکتروود پتانسیل به اندازه فاصله خودشان از الکتروود A دورتر می‌شوند (پرش) و پس از چند اندازه‌گیری به این روش (۵ تا ۱۰ پرش) محل A به اندازه یک برش تغییر کرده و سیکل اندازه‌گیری به همان شکل انجام می‌شود.

در اینجا چون آرایش غیرمتقارن است آنومالی‌ها کمی از محل واقعی خود جابجا می‌شوند ولی در عوض عمق کاوش در این آرایش نسبت به آرایش دایپل دایپل بیشتر است. این آرایش جهت عملیات تفصیلی و آگاهی از عمق و چگونگی شکل ماده معدنی و نیز به لحاظ غیرمتعارف بودن آرایش جهت تعیین شیب رگه معدنی در زیرزمین استفاده می‌شود و کمک زیادی در تعیین محل حفاری‌های اکتشافی دارد.

به‌طور کلی عمق کاوش محاسبانی در آرایش‌های ذکر شده به‌عنوان پیش‌فرض می‌باشند. در حالی که عمق کاوش واقعی شدیداً تحت تأثیر مقاومت الکتریکی زمین تحت پوشش. پیچیدگی‌های زمین‌شناسی و خواص فیزیکی ماده معدنی مورد کاوش می‌باشد.

۲-۲-۳ برداشت‌های صحرائی

دستگاه‌های اندازه‌گیری پلاریزاسیون القایی طوری طراحی و ساخته شده‌اند که هم‌زمان با اندازه‌گیری پلاریزاسیون القایی، اختلاف پتانسیل ایستگاه‌ها را نیز جهت محاسبه مقاومت الکتریکی ارائه می‌نماید. پس از مشخص کردن ایستگاه‌های اندازه‌گیری روی زمین. عمل برداشت‌های صحرائی شروع می‌شود. برای این کار دستگاه‌ها و ابزارهای موردنیاز به محل انتقال داده می‌شود و کار اندازه‌گیری‌های صحرائی طبق بروشور و دستورالعمل کار با دستگاه‌ها انجام می‌شود. در برداشت صحرائی با روش پلاریزاسیون القایی نکات ذیل باید مدنظر قرار گیرند:

- ۱- سیم‌ها و کابل‌های جریان بافاصله حداقل چندمتری از سیم‌های پتانسیل روی زمین قرار گیرند تا تداخل الکتریکی در سیم‌های پتانسیل اتفاق نیفتد.
- ۲- سیم‌های جریان و پتانسیل نباید زخمی باشند تا از نشت جریان به زمین و بالعکس جلوگیری شود
- ۳- مسائل ایمنی با توجه به وجود جریان با ولتاژ قوی در سیم‌های جریان در نظر گرفته شود
- ۴- دستگاه گیرنده در فاصله چندمتری از دستگاه فرستنده و سیم‌های حامل جریان ۱۸ متر مستقر شود
- ۵- در زمان اندازه‌گیری سیم‌های جریان و پتانسیل و همچنین الکترودهای جریان و پتانسیل دست‌کاری نشوند تا اندازه‌گیری‌ها مخدوش نشوند.
- ۶- در زمان جابجایی الکترودها و سیم‌های جریان ابتدا جریان الکتریکی توسط فرستنده قطع و سپس اقدام گردد
- ۷- در زمین‌های خشک لازم است محل الکترودها اعم از الکترودهای جریان و الکترودهای پتانسیل توسط آب مرطوب گردند تا اتصال جریان از الکترودها به زمین و بالعکس به راحتی انجام شود
- ۸- لازم است الکترودهای جریان به خوبی به زمین متصل گردند تا جریان به طور کامل وارد زمین شود و اندازه‌گیری‌ها با اطمینان انجام شود.
- ۹- دقت لازم در اندازه‌گیری‌ها لحاظ و در صورت نیاز اندازه‌گیری تکرار گردد.

مراحل برداشت صحرائی به ترتیب زیر می‌باشد:

- ۱- دستگاه‌ها به محل پیمایش حمل و مستمر گردند
- ۲- الکترودهای جریان در محل خود نصب (دفن یا کوبیده) شوند
- ۳- الکترودهای جریان توسط کابل‌های جریان به دستگاه فرستنده (ترانسمیتر) متصل گردند
- ۴- دستگاه فرستنده توسط کابل‌های مربوطه به منبع تغذیه جریان (باتری یا موتور ژنراتور) متصل گردد
- ۵- منبع تغذیه را روشن کنید.
- ۶- با توجه به دستورالعمل راهنما، دستگاه فرستنده را روشن تا جریان از طریق الکترودهای جریان به زمین تزریق گردد
- ۷- اگر در ارسال جریان مشکلی وجود داشت دستگاه فرستنده را خاموش و علت را بررسی و پس از رفع مشکل مجدداً دستگاه فرستنده را روشن نمایید و شدت جریان تزریقی را جهت محاسبه مقاومت الکتریکی یادداشت نمایید
- ۸- الکترودهای پتانسیل را در محل ایستگاه‌ها قرار داده و نوع کابل‌های پتانسیل به دستگاه گیرنده متصل نمایید.

- ۹- با توجه به دستورالعمل مربوطه دستگاه گیرنده را روشن و مراحل اندازه‌گیری پارامترها را انجام و ضمن یادداشت مقادیر آن‌ها را در حافظه دستگاه نیز ذخیره نمایید.
- ۱۰- جهت اطمینان از اندازه‌گیری انجام شده می‌توان در مواردی که لازم باشد اندازه‌گیری را تکرار نمود
- ۱۱- پس از اندازه‌گیری و ذخیره اطلاعات در حافظه دستگاه گیرنده را خاموش و الکترودهای پتانسیل را جابجا کرده و اندازه‌گیری ایستگاه بعد را انجام دهید.

۲-۲-۴ پردازش و تفسیر اطلاعات

۲-۲-۴-۱ پردازش داده‌ها

بیشتر پیمایش‌های ژئوفیزیکی شامل اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل شکل موج می‌باشند که به صورت تغییرات کمیت‌های فیزیکی قابل اندازه‌گیری به عنوان تابعی از فاصله یا زمان بیان می‌شوند. این کمیت‌ها برای مثال می‌توانند شدت میدان گرانی یا مغناطیسی در طول یک پروفیل که ساختمان‌های زمین‌شناسی را قطع می‌کند یا جابجایی سطح زمین به عنوان تابعی از زمان در هنگام عبور امواج لرزه‌ای مربوط به یک انفجار نزدیک باشد. تجزیه و تحلیل چنین امواجی یک دید کلی از پردازش و تعبیر و تفسیر داده‌های ژئوفیزیکی ارائه می‌نماید. بدون توجه به اینکه داده‌ها به چه شکلی ضبط و ثبت شده‌اند برای پردازش توسط کامپیوتر نیاز است که این داده‌ها به صورت رقومی وارد کامپیوتر شوند.

یک تابع پیوسته و هموار نسبت به زمان با فاصله می‌تواند به شکل نمونه‌گیری تابع در یک فاصله زمانی با مکانی ثابت به صورت رقومی بیان و مقادیر تابع در هر نقطه نمونه‌گیری ثبت شود؛ بنابراین تابع آنالوگ می‌تواند به شکل یک تابع رقومی نمایش داده شود؛ یعنی تابع پیوسته به وسیله تابعی با سری مقادیر مجزا در فواصل ثابت (زمانی با مکانی) جایگزین گردد

به طور کلی هدف از پردازش داده‌های ژئوفیزیک غلبه بر محدودیت‌های دانی داده‌های برداشتی برای دستیابی به اطلاعات واقعی‌تر از اهداف زیرسطحی می‌باشد. در صورتی که پردازش داده‌ها، اطلاعات دقیق‌تری در اختیارمان قرار دهد در نهایت منجر به تفسیر منطقی و مطمئن‌تری خواهد شد. به طور کلی فعالیت‌های انجام شده بر روی داده‌ها بعد از برداشت داده‌ها تا حاصل شدن یک نمودار. مقطع و یا نقشه IP را پردازش می‌گویند.

اولین گام از مرحله پردازش انتقال داده‌ها به کامپیوتر و بازبینی آن‌ها است. بدین منظور شرکت‌های سازنده دستگاه‌های IP نرم‌افزارهای تخصصی خاص خود ارائه می‌کنند. با این نرم‌افزارها می‌توان پیش‌پردازش و پردازش‌های اولیه را رویدادها انجام داد. معمولاً نرم‌افزارهای استاندارد در این زمینه توانایی‌های زیر را دارند:

- توانایی وارد کردن فایل با فرمت‌های مختلف و نرم‌افزارهای شناخته شده
- توانایی وارد کردن داده‌های جی‌پی‌اس
- توانایی وارد کردن داده‌ها از دستگاه‌های مختلف

- قابلیت نمایش تمامی داده‌های برداشت‌شده در یک جدول
- برای هر ایستگاه اندازه‌گیری موقعیت محل الکترودهای جریان و پتانسیل. میزان شدت جریان ارسالی اختلاف پتانسیل، مقاومت ویژه ظاهری، پتانسیل خودزا مقادیر اندازه‌گیری شده پلاریزاسیون القایی در پنجره‌های مختلف و مقدار کل آن در صورت (وجود) تعداد انبارش داده‌ها مقاومت اتصال الکترودها با زمین تاریخ زمان و پارامترهای مختلف پلاریزاسیون القایی در صورت وجود هر کدام در یک ستون مجزا نمایش داده می‌شود.
- توانایی فیلتر کردن داده‌ها اعم از حذف داده‌های نامناسب قرار دادن حدود بالا و پایین برای مقادیر مقاومت ویژه آی تی و انحراف معیار
- تغییر مشخصات پیش فرض داده نظیر آرایش و فاصله الکترودی مورد استفاده
- وارد کردن مشخصات ارتفاعی ایستگاه‌های برداشت و نمایش توپوگرافی در طول پروفیل و انجام صحیح توپوگرافی
- قابلیت نمایش شبه مقاطع مقاومت ویژه. پتانسیل خودزا و پلاریزاسیون القایی
- قابلیت نمایش منحنی واپاشی پلاریزاسیون القایی
- قابلیت نمایش پروفیل‌های مختلف برداشت در اعماق متفاوت و به صورت جداگانه - قابلیت تبدیل داده‌ها به فرمت نرم‌افزارهای دیگر از جمله IXID، Res2D/3Dinv، Geosof و Resix و همین‌طور نرم‌افزارهای جدولی نظیر Excel و Surfer
- داده‌های IP به صورت دوبعدی و سه‌بعدی و کمتر به صورت یک‌بعدی (سونداژ) برداشت می‌شوند؛ بنابراین با توجه به نوع برداشت و اهداف مطالعه، پردازش داده‌های آن به روش‌های مختلف صورت می‌گیرد.

-۲-۲-۴-۱ پردازش دوبعدی داده‌ها

عمده مطالعات IP در حال حاضر به صورت دوبعدی پردازش می‌شوند. هدف از پردازش دوبعدی داده‌های IP به دست آوردن توزیع پلاریزاییته ساختارهای زیرسطحی در یک مقطع دوبعدی در طول پروفیل مورد بررسی است. به منظور تخمین توزیع پلاریزاییته ساختارهای زیرسطحی به صورت دوبعدی عموماً از روش‌های معکوس سازی استفاده می‌شود. از مهم‌ترین و شناخته‌شده‌ترین نرم‌افزارها در این خصوص می‌توان به Res2Dinv اشاره کرد. قدم اول بعد از بازخوانی داده‌ها در نرم‌افزار ارزیابی و در صورت نیاز ویرایش آن‌ها است. با بازخوانی داده‌ها، مشخصات داده‌های برداشتی شامل نوع آرایش مورد استفاده. تعداد نقاط موقعیت اولین و آخرین الکترودی. کمترین فاصله الکترودی و ... نمایش داده می‌شود و در صورت صحیح نبودن هر کدام از آن‌ها داده‌ها بایستی اصلاح شوند.

در نرم‌افزار مرتبط از مدل‌سازی پیشرو به منظور محاسبه تئوریک مقادیر مقاومت ویژه ظاهری و IP مدل‌های زمین‌شناسی استفاده می‌شود. ولی در مدل‌سازی معکوس از روش بهینه‌سازی حداقل مربعات غیرخطی استفاده می‌شود مدل دوبعدی استفاده‌شده در این نرم‌افزار زیر سطح زمین را به تعدادی بلوک دوبعدی مستطیلی شکل تقسیم می‌کند. هدف از انجام معکوس سازی تعیین مقاومت ویژه و آی تی بلوک‌های مستطیلی شکل است. به این ترتیب که با استفاده از مدل‌سازی پیشرو شبه مقطع تئوری از روی مجموعه

بلوک‌ها محاسبه می‌شود. در هنگام معکوس سازی با تغییر پارامترهای مدل (مقاومت ویژه و آی سی هر یک از بلوک‌های سعی در کمینه کردن خطا مابین شبه مقطع مقاومت ویژه صحرایی و تئوری با استفاده از تکنیک کمترین مربعات می‌شود. به عبارت دیگر نرم‌افزار با کمینه کردن اختلاف مابین شبه مقاطع تئوری و صحرایی سعی در به دست آوردن مدل وارون دارد. این برنامه به‌طور اتوماتیک پارامترهای مناسب وارون سازی را برای تسری داده‌ها انتخاب می‌کند. لیکن پارامترهایی که روی فرآیند وارون سازی مؤثر هستند. می‌تواند توسط کاربر اصلاح کردند. با استفاده از یک شبکه عناصر محدود اصلاح شده به‌طوری که سطح شبکه بر توپوگرافی منطبق گردد) می‌توان اثرات توپوگرافی را در مدل تأثیر داد.

سه گزینه مختلف برای استفاده در روش حداقل مربعات وجود دارد: روش خیلی سریع نیمه-نیوتن، روش کندتر ولی دقیق‌تر گوس- نیوتن و یک روش سرعت متوسط که از اشتراک مزایای هر دو روش استفاده می‌کند.

۲-۲-۴-۱-۲ پردازش سه‌بعدی داده‌ها

هدف از پردازش سه‌بعدی به دست آوردن توزیع مقاومت ویژه و آی پی در یک حجم سه‌بعدی از ساختاری‌های زیرسطحی است. به‌منظور تخمین توزیع مقاومت ویژه ساختارهای زیرسطحی به‌صورت سه‌بعدی عموماً از روش‌های معکوس سازی استفاده می‌شود. باید کامپیوترهایی با امکانات مناسب برای پشتیبانی این نرم‌افزارها استفاده نمود. گاهی وارون سازی داده‌ها از یک دقیقه برای یک پیمایش کوچک با ۱۰۰ اندازه‌گیری در ناحیه مسطح تا چندین ساعت برای نواحی وسیع با ۳۰۰۰ اندازه‌گیری و در شرایط کوهستان زمان می‌برد. تمام داده‌های سه‌بعدی برداشت شده با استفاده از آرایش‌های مختلف توسط این نرم‌افزار قابل پردازش می‌باشد.

همچنین پروفیل‌های دوبعدی که در شبکه‌ای منظم برداشت شوند، قابل پردازش در این نرم‌افزار می‌باشند. تئوری معکوس سازی و همچنین امکانات این نرم‌افزار مشابه نوع دوبعدی آن $Dinv2Res$ می‌باشد. با این تفاوت که در این نرم‌افزار به‌منظور معکوس سازی، ساختارهای زیرسطحی مورد مطالعه را به بلوک‌های سه‌بعدی تقسیم می‌کند.

خروجی این نرم‌افزار مقاطع و پلان‌های دوبعدی در جهات اصلی (YZ, XZ, XY) از جسم مورد مطالعه می‌باشد. به‌منظور نمایش داده‌های آن صورت سه‌بعدی، امکان خروجی گرفتن از نرم‌افزار به‌منظور نمایش داده‌ها در نرم‌افزارهای کمکی وجود دارد به‌این ترتیب مدل وارون سازی شده در این نرم‌افزار قابل نمایش در نرم‌افزارهای با گرافیک بالاتر نظیر واکسلر و راکوورک می‌باشد.

۲-۲-۴-۱-۳ نحوه نمایش و تفسیر اطلاعات

نمایش داده‌های آی پی بسته به آرایش مورد استفاده می‌تواند متفاوت باشد مثلاً وقتی آرایش سونداژ IP استفاده می‌کنیم نمایش داده‌ها به‌صورت دیاگرام‌های یک‌بعدی خواهد بود و زمانی که آرایش مستطیلی یا هر آرایش به‌صورت شبه مقطع عرضی خواهند بود. در روش آی-پی نقشه‌های به‌دست آمده از نقشه‌های مستطیلی یا هر آرایش پروفیلی سطحی با پروفیل‌های نزدیک به هم به‌عنوان یک نقشه مقدماتی و اولیه محسوب

می‌شوند و بر اساس آنومالی‌های به‌دست‌آمده از آن برنامه‌ریزی برای انجام آرایش‌های تفضیلی مانند دایپل-دایپل انجام می‌شود. با این وجود وقتی در منطقه‌ای چند آرایش مستطیلی با طول خط جریان متفاوت روی هم انجام می‌شود، اطلاعات از اعماق مختلف به دست می‌آید که می‌توان از آن برای ساخت مقاطع عمودی استفاده کرد در حالی که ساخت مقاطع سه‌بعدی با انجام آرایش پل-دایپل یا دایپل-دایپل معمول می‌باشد. همچنین با تلفیق داده‌های مقاطع دایپل-دایپل نزدیک به هم می‌توان نقشه‌های مربوط به اعماق مختلف نیز تهیه کرد. به‌منظور رسم نقشه‌های پربندی داده‌های آی پی از نرم‌افزارهای ژئوسافت و سورفر استفاده می‌شود.

تعبیر و تفسیر ابزاری است که ژئوفیزیکدان‌ها را قادر می‌سازد که داده‌های خام به‌دست‌آمده از اکتشافات به روش IP را به زبان قابل‌فهم زمین‌شناسان و صاحبان معادن تبدیل کند. قبل از هر چیز هدف تعبیر و تفسیر IP تعیین وسعت، شیب و ابعاد ماده معدنی قابل پلاریزه مورد اکتشاف می‌باشد به طوری که بتوان محل گمانه‌ها را به‌طور منطقی جانمایی کرد. هدف دوم این است که تا حدی بتوان مشخص کرد که جسم پلاریزه ارزش اقتصادی دارد یا نه که این مسئله به دلیل غیر هدفمند بودن روش IP سؤال‌برانگیز می‌باشد. تعبیر و تفسیر کمی اطلاعات پلاریزاسیون القایی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای نسبت به روش مقاومت سنجی الکتریکی پیچیده‌تر می‌باشد. پاسخ‌های آی پی به‌طور تحلیلی برای اشکال ساده چون کره، بیضی، دایک، کنتاکت‌های عمودی و لایه‌های افقی محاسبه شده‌اند که ما را قادر به کارگیری روش‌های تعبیر و تفسیر غیرمستقیم می‌نمایند. مدل‌سازی آزمایشگاهی نیز می‌تواند برای تعبیر و تفسیر آی پی بکار گرفته شود برای مثال می‌توان مقاومت ظاهری قطعه‌ای ژلاتین سولفات مس با اشکال و مقاومت‌های مختلف را که در آب غوطه‌ور شده، اندازه‌گیری نمود. لیکن بیشتر تعبیر و تفسیرهای آی پی صرفاً کیفی می‌باشند. پارامترهای ساده‌ای از آنومالی مانند تیزی، تقارن، شدت و توزیع فضایی می‌تواند جهت تخمین موقعیت، گسترش جانبی، شیب و عمق زون‌های آنومالی بکار گرفته شوند. واضح است که تعبیر و تفسیر کامل اطلاعات تنها بر اساس داده‌های ژئوفیزیک امکان ندارد، بلکه علاوه بر آن اطلاعات زمین‌شناسی و کانی‌شناسی (مثلاً اطلاعات چاه‌ها) و اطلاعات ناشی از دیگر روش‌های ژئوفیزیکی بکار رفته در آن محل به تعبیر و تفسیر کمک بزرگی می‌کنند با این وجود محدودیت‌های پیش رو در تعبیر و تفسیر روش آی پی عبارت‌اند از:

- ۱- تعبیر و تفسیر صرفاً بر اساس داده‌های آی پی با ابهام روبه‌رو است و در نتیجه کنترل‌های مستقل ژئوفیزیکی و زمین‌شناسی جهت تمایز بین داده‌های مختلف پلاریزاسیون القایی باید انجام شود.
- ۲- تعبیر و تفسیر محدود به ساختمان‌های ساده زمین‌شناسی می‌باشد و در مورد اشکال پیچیده تعبیر و تفسیر کامل غیرممکن می‌باشد.
- ۳- تأثیر توپوگرافی و تغییرات مقاومت نزدیک سطحی می‌تواند اثر تغییرات عمیق‌تر را پنهان کند.
- ۴- عمق نفوذ روش محدود و متأثر از حداکثر توان انرژی الکتریکی که می‌تواند به زمین تزریق شود و مشکلات پهن کردن کابل‌های طویل می‌باشد. علاوه بر این گاهی منبع ایجاد آی پی دارای اهمیت اقتصادی نمی‌باشد، مثلاً زون‌های خردشده حاوی آب و رسوبات حاوی گرافیت می‌تواند اثرات آی پی شدید ایجاد کنند.

دانش زمین‌شناسی نقش بسیار مهمی در اکثر شرایط اکتشافی بازی می‌کند و مفسر باید حدی از دانش زمین‌شناسی را دارا یا زمین‌شناسی آشنا به ناحیه را در کنار خود داشته باشد. استدلال‌های زمین‌شناسی بوته آزمایشی برای مدل‌های ژئوفیزیکی می‌باشد و شرایط زمین‌شناسی در قالب اشکال هندسی و تباین خواص فیزیکی آن‌ها شرایط مرزی را برای تعبیر و تفسیر ژئوفیزیکی فراهم می‌کند. اصول همکاری دقت خوبی را برای تعبیر و تفسیر ژئوفیزیکی فراهم می‌کند و می‌توان گفت حجم اطلاعات به‌دست‌آمده از تلفیق روش‌های متعدد ژئوفیزیکی بیشتر از مجموع اطلاعات تعبیر و تفسیرهای منفرد می‌باشد. در این مورد اطلاعات شناخته‌شده زمین‌شناسی ناحیه مربوط به نقشه‌های سطحی و احتمالاً حفاری، تعبیر و تفسیر مربوط به خود را فراهم می‌کند که باید با دیگر اطلاعات ادغام شود.

غالباً روش IP سری اطلاعات متعددی تولید می‌کند که اگرچه همه آن‌ها ماهیت الکتریکی دارند ولی هر کدام اطلاعات مربوط به خود را عرضه می‌کنند؛ بنابراین تعبیر و تفسیر مجزای IP مقاومت سنجی، پتانسیل خودزا و الکترومنیتیک که می‌تواند طی یک پیمایش فشرده الکتریکی به دست آیند و بعضی مواقع یک سری اطلاعات مشخص الکتریکی برای مثال داده‌های IP مرسوم و داده‌های آی پی طیفی از همان پیمایش و نیز می‌تواند اطلاعات مهمی فراهم کند در کل روش‌های تعبیر و تفسیر بر اساس موارد زیر می‌باشند:

۱- مطالعات موردی و تجربه‌ای که در این زمینه به دست می‌آید. تجارب به‌دست‌آمده در مطالعات موردی قبلی دانش گران بهایی برای مفسر به وجود می‌آورد ولی تعداد کمی از ژئوفیزیکدان‌ها این تجارب را دارند.

۲- مطالعه مدل‌های فیزیکی که در آن اثرات IP با به‌کارگیری مدل‌های مینیاتوری شبیه‌سازی و مطالعه می‌شوند. این مدل‌ها می‌تواند اجسام واقعی قابل پلاریزه باشند ولی مشکل اجتناب از جریانات شدت بالا می‌باشد که برای ایجاد یک سیگنال IP قوی موردنیاز است. همچنین ثابت‌شده که ایجاد مواد کاملاً همگن با خواص پلاریزاسیون دقیق و کنترل مقاومت‌های یکدست و تباین مقاومت‌ها در مواد تشکیل‌دهنده مدل مشکل می‌باشد.

۳- محاسبه تئوریک منحنی‌های IP و مقاومت که در آن فرم سه‌بعدی قانون اهم ($V=RI$) جهت محاسبه تئوریک منحنی‌های آی پی و مقاومت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴- منحنی‌های مبنا که در آن انطباق منحنی‌های صحرایی و منحنی‌های مبنا یا استانداردها سالیان زیادی مخصوصاً در روش‌های مقاومت سنجی مورد استفاده قرار گرفته است. این روش، ساده، سریع و دقیق می‌باشد ولی مفسر باید دسته پیچیده‌ای از منحنی‌های تئوریک را در دسترس داشته باشد. همچنین هندسه لایه‌های زیرسطحی باید مفروض گردد که خطا در آن می‌تواند خطای کلی ایجاد کند.

۵- تعبیر و تفسیر مستقیم که در آن می‌توان با به‌کارگیری پتانسیل‌های مشاهده‌شده به یک حل مستقیم ساختارهای مقاومت زیرسطحی نائل شد. در گذشته روش مستقیم تعبیر و تفسیر داده‌های IP و مقاومت معمولاً استفاده نمی‌شد. چون رقومی کردن داده‌ها خسته‌کننده و به‌کارگیری کامپیوتر برای ژئوفیزیک دان‌های صحرایی معمول نبود. ولی امروزه با رقومی شدن داده‌ها و به‌کارگیری کامپیوتر این امر امکان‌پذیر شده است.

۶- مدل‌سازی رقومی که امروزه با افزایش سرعت کامپیوترها بسیار متداول شده است. اگرچه زمین در بیشتر پروژه‌های اکتشافی از لایه‌های افقی تشکیل‌شده و گاهی تغییرات جانبی در مقاومت و TP وجود دارد که در این حالت منحنی‌های مبنا را جهت تعبیر و تفسیر نمی‌توان به‌کاربرد. این مسئله منجر به تحقیق در

روش‌های مدل‌سازی ریاضی اشکال هندسی زیرسطحی مختلف و به‌کارگیری فن‌های مدل‌سازی رقومی شده است. این روش‌ها روزبه‌روز با توسعه کامپیوترهای رقومی فراگیرتر شده است.

نحوه نگارش گزارش، در پیوست ۱ آمده است.

۲-۳ مشخصات کادر فنی و تجهیزات

۲-۳-۱ مشخصات فنی دستگاه‌های اصلی

در اندازه‌گیری پلاریزاسیون القایی هم‌زمان اختلاف‌پتانسیل (مقاومت ویژه). پتانسیل خودزا (SP) و پلاریزاسیون القایی IP اندازه‌گیری می‌شود. این دستگاه‌ها نسبتاً پیچیده و حجیم می‌باشند و در میان دستگاه‌هایی که معمولاً در روش‌های اکتشافات ژئوفیزیک زمینی بکار می‌روند. بعد از روش‌های لرزه‌ای از همه گران‌تر و از لحاظ مخارج ماهیانه عملیاتی تقریباً با دستگاه‌های گرانی سنجی قابل‌مقایسه است. از لحاظ کار صحرائی نیز در مقایسه با کارهای مغناطیسی الکترومغناطیس و پتانسیل خود را کندتر می‌باشد. دستگاه‌های اصلی در نمایش پلاریزاسیون القایی شامل سه قسمت عمده می‌باشد: بخش منبع انرژی‌بخش فرستنده جریان و بخش گیرنده.

۲-۳-۱-۱ منبع تغذیه

منبع تغذیه می‌تواند به شکل باتری یا ژنراتورهای بنزینی یا دیزلی باشد. اینکه از باتری یا ژنراتور استفاده شود به دستگاه فرستنده و نیز عمق کاوش بستگی دارد. در کارهای سطحی و غیر عمیق می‌توان از پک‌های باتری استفاده کرده ولی در کارهای اکتشافی عمیق باید از موتور ژنراتور برق با توان‌های متفاوت بسته به عمق کاوش استفاده نمود. البته عمق کاوش علاوه بر قدرت دستگاه به آرایش مورد استفاده و شرایط زمین از نظر مقاومت الکتریکی نیز وابسته است. دستگاه‌های تولیدشده توسط شرکت‌های مختلف از موتور ژنراتورهای مختلفی استفاده می‌کنند ولی به‌طور معمول موتور ژنراتورها در سیستم آبی جریان متناوب سه فاز با فرکانس ۵۰-۸۰ هرتز با توان ۱-۲۰ کیلووات تولید و استفاده می‌کنند. در مواردی که به جریان با شدت و نوان کم‌نیاز باشد از بسته‌های باتری‌های انبارهای ساده که به مبدل تعبیه‌شده در ترانس‌میتتر متصل شده به‌عنوان منبع تغذیه استفاده می‌شود. هر چه توان موتور ژنراتور بیشتر باشد وزن آن هم افزایش می‌یابد مثلاً موتور ژنراتورهای با توان ۳ کیلووات حدود ۷۵ کیلوگرم و موتور ژنراتور ۳۰ کیلووات حدود ۵۰۰ کیلوگرم وزن دارند. موتور ژنراتورهای توان بالا برای کار با آرایش‌های وسیع‌تر و نفوذ به اعماق بیشتر بکار می‌روند.

۲-۳-۱-۲ دستگاه فرستنده یا ترانس‌میتتر

ترانس‌میتتر بخشی از دستگاه‌های پلاریزاسیون القایی می‌باشد که جریان دریافتی از موتور ژنراتور یا منبع تغذیه باتری را با ایجاد تغییراتی به خروجی می‌فرستد. این تغییرات شامل تغییر در ولتاژ و تغییر در شکل خروج

جریان می‌باشد. در بحث ولتاژ معمولاً جریان ورودی با ولتاژ ۲۳۰ ولت به ترانس‌میتور در خروجی به ولتاژ ۲۵۰ تا ۵۰۰۰ ولت به صورت انتخابی و بر اساس مدل دستگاه تبدیل می‌شود. جریان خروجی دارای شدت ۱ تا ۲۰ آمپر می‌باشد. در مورد شکل جریان خروجی در کل جریان می‌تواند در دو شکل حوزه فرکانس یا حوزه زمان به زمین تزریق گردد. در حوزه فرکانس جریان خروجی به صورت جریان متناوب مربعی شکل با فرکانس کمتر (۱/۱۰ تا ۱۰ هرتز) می‌باشد. ولی در حوزه زمان. جریان خروجی به جریان مستقیم پالسی با سیکل تکراری روشن (T) خاموش (θ) و معکوس که معمول $T = \theta = 2$ ثانیه و قابل مقایسه با جریان متناوب مربعی شکل با فرکانس 0/125 هرتز می‌باشد. تبدیل می‌کند. این دو نوع جریان اولیه تولید شده توسط ترانس‌میتور فقط از نظر فرکانس با یکدیگر متفاوت می‌باشد و ترانس‌میتور می‌تواند هر کدام با هر دو را تولید و از طریق دو الکتروود جریان هوا به زمین تزریق نماید. جریان ورودی توسط کابل ژنراتور وارد ترانس‌میتور می‌شود و جریان خروجی توسط سیم به الکتروودهایی که به زمین متصل شد ماند. تزریق می‌گردد. معمولاً ترانس‌های نا ۲۵۰ وات با منبع باطری و ترانس‌های ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ وات با منبع باطری یا موتور ژنراتور و ترانس‌های بانوان بیش از ۱۰۰۰ وات صرفاً با منبع موتور ژنراتور کار می‌کنند.

۲-۳-۱-۳ دستگاه گیرنده یا رسیور

رسیور می‌تواند هم‌زمان اختلاف پتانسیل (جهت محاسبه مقاومت مخصوص الکتریکی). پلاریزاسیون القایی (IP) و پتانسیل خودزا (SP) را اندازه‌گیری و نمایش دهد. در دستگاه‌های گیرنده ابتدا پتانسیل خودزای موجود در زمین خنثی و پس اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل و IP انجام می‌شود. این دستگاه‌ها نیز معمولاً برای اندازه‌گیری در حوزه زمان (شارژابیلیته یا پلاریزابیلیته) یا حوزه فرکانس اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل در دو فرکانس مختلف ساخته می‌شوند. برای اندازه‌گیری در حوزه زمان و حوزه فرکانس گیرنده‌های متفاوتی ساخته می‌شوند. در دستگاه‌های اولیه نمایش مقادیر به صورت عقرب‌های (آنالوگ) انجام می‌شد ولی امروزه دستگاه‌های گیرنده دیجیتال و دارای حافظه قابل اتصال از طریق سیم رابط به کامپیوتر می‌باشد و در بعضی دستگاه‌ها قادر به محاسبه مقاومت ویژه و نمایش منحنی‌های افت IP نیز می‌باشند و حتی می‌تواند فضای زیر منحنی افت پتانسیل IP را به چند پنجره (مثلاً ۱۰ پنجره) تقسیم کرده و عدد IP مربوط به هر پنجره را نمایش دهد. وزن رسیورها معمولاً کمتر از ۶ کیلوگرم می‌باشند

در مجموع برای فرستنده با توان ۳ کیلووات. سیستم مورد استفاده در حوزه زمان. وزنی حدود ۹۰ کیلوگرم دارد که نصف آن مربوط به موتور ژنراتور می‌باشد. رسیور با وزنی حدود ۶ کیلوگرم نسبتاً سبک و به راحتی می‌توان آن را در طول خط پیمایش حمل کرد. ولی موتور ژنراتور و ترانس‌میتور در موقعیت مناسب و نزدیک به منطقه پیمایش ثابت نگه‌داشته می‌شوند. جهت محاسبه شارژابیلیته نیاز به اندازه‌گیری ΔVIP داریم که می‌تواند حتی کمتر از یک میلی‌ولت باشد و برای افزایش نسبت سیگنال به نوفه باید جریان اولیه به اندازه کافی بزرگ باشد. اگر مقاومت اتصال الکتروود جریان زیاد باشد نیاز به افزایش جریان زیاد باشد نیاز به افزایش جریان I با استفاده از موتور ژنراتورهای قوی‌تر و سنگین‌تر خواهیم داشت.

۲-۳-۲ مشخصات وسایل و ابزار جانبی

در کنار دستگاه‌های اصلی، وسایلی مورد استفاده قرار می‌گیرند که شامل الکترودها و کابل‌های رابطه می‌باشند.

۲-۳-۲-۱ الکترودها

در اندازه‌گیری‌های IP، الکترودها به دودسته تقسیم می‌شوند؛ الکترودهای جریان که جریان خروجی ترانس‌میترا را به زمین می‌فرستند. معمولاً از میله‌های فلزی مانند فولاد ضدزنگ که در زمین کوبیده می‌شوند استفاده می‌شود. در عمل جهت اتصال بیشتر به زمین و کاهش مقاومت اتصال و در نتیجه افزایش نسبت سیگنال به نوفه می‌توان از فویل‌های آلومینیومی که در زمین دفن می‌شوند یا سطوحی حلبی که در زمین مدفون گردیده‌اند استفاده نمود. گاهی در زمین‌های خشک جهت اتصال مناسب الکترودها به زمین، محل اتصال با آب یا گاهی با آب‌نمک آغشته می‌گردد. در این حالت باید زمان کافی جهت نفوذ آب و پایدار شدن وضعیت زمین قبل از اندازه‌گیری مهلت داد. الکترودهای پتانسیل که جریان ثانویه را از زمین به گیرنده می‌رسانند جهت جلوگیری از انتقال نوفه ناشی از پلاریزه شدن الکترودهای در حوزه زمان از ظروف سفالی متخلخل که حاوی محلول یک نمک فلزی که یک الکترودها از همان فلز در آن جریان را به کابل‌های رابط هدایت می‌کند (الکترودهای غیرقابل پلاریزه) استفاده می‌شود. بدین جهت معمولاً از محلول نمک سولفات مس آبدار (کات‌کبود) در ظروف سفالی که یک میله مسی غوطه‌ور در آن جریان را به کابل رابط انتقال می‌دهد استفاده می‌شود. می‌توان بجای سولفات مس از کلرید کادمیم و میله کادمیمی استفاده کرد که البته گران‌تر است و فراهم کردن آن‌همه جا امکان ندارد. در حوزه فرکانس الکترودهای پتانسیل می‌تواند به‌طور ساده شامل میله‌های فلزی باشد زیرا جریان مستقیم ناشی از پتانسیل خودزا یا پلاریزه شدن الکترودها باعث اغتشاش در جریان متناوب ارسالی نمی‌گردد.

مدلهایی از الکترودهای غیر پلاریزه که دیواره شفاف شیشه‌ای یا پلاستیکی دارند به اپراتور امکان می‌دهد که سطح محلول را مشاهده و اطمینان حاصل کند که میله مسی به‌خوبی در آن غوطه‌ور می‌باشد. ظروف سفالی باید هر شب در طشتی که با محلول برنده نگهداری شود نا برای روز بعد آماده بکار باشد.

کابل‌های رابط

کابل‌هایی که جریان خروجی ترانس‌میترا را به الکترودهای جریان وصل می‌کند و نیز کابل‌هایی که الکترودهای پتانسیل را به گیرنده (رسیور) وصل می‌کند باید دارای مشخصه‌هایی باشند. این کابل‌ها علاوه بر مقاومت در مقابل کشش باید بتوانند ضمن تحمل ولتاژهای بالا در حدود ۳ کیلوولت و ۱۰ آمپر رسانندگی خوبی نیز داشته باشند. بدین جهت در کابل‌های فرستنده جریان از کابل‌هایی که چند رشته سیم فولادی و چند رشته سیم مسی دارند استفاده می‌شود. ولی در کابل‌های گیرنده می‌توان فقط از کابل‌های رشت ای مسی استفاده نمود. علاوه بر این کابل‌های رابط باید به‌خوبی از نظر الکتریکی ایزوله باشند و امکان نشت جریان به زمین و بالعکس در طول مسیر را ندهند و همچنین وزن آن‌ها آن‌چنان سنگین نباشد که نتوان به راحتی با آن کار کرد. باید در اطراف الکترودهای جریان به خاطر اختلاف ولتاژ و شدت جریان زیاد احتیاط لازم امنیتی به عمل آید.

جهت گستردن و جمع نمودن کابل‌ها از قرقره‌های مخصوص استفاده می‌شود. قرقره‌ها بایستی تا حد امکان سبک محکم و دارای طراحی مناسب جهت سهولت در باز کردن و پیچیدن کابل‌ها و همچنین دارای پورت خروجی مناسب برای اتصال به ترانسمیتر و رسیور باشند. جهت سهولت اتصال و قطع اتصال کابل‌ها به الکترودها از گیره‌های سوسماری با جنس فولاد ضدزنگ استفاده می‌شود

به منظور افزایش راندمان در اندازه‌گیری‌های آی تی و به حداقل رساندن زمان جابه‌جایی کارگران مابین ایستگاه‌های اندازه‌گیری شرکت‌های تولیدکننده تجهیزاتی نظیر کابل‌های با چندین خروجی و جعبه تقسیم با سویچ باکس را نیز تولید می‌کنند. مدل‌های ابتدایی این‌گونه تجهیزات در داخل کشور نیز ساخته می‌شود. این کابل‌ها عموماً از چند رشته نسیم مجزا و ایزوله تشکیل شد. ماند که در هر متر از مشخصی از آن‌ها یک خروجی وجود دارد. در هر کدام از خروجی‌ها یک رشته سیم از درون کابل، منشعب و برای اتصال به الکترودهای پتانسیل در نظر گرفته شده‌اند. از آنجاکه رشته سیم‌ها در کنار هم در یک کابل قرار دارند. پوشش این سیم‌ها بایستی از مواد باکیفیت خوب تهیه شده باشد تا به مرور زمان اتصال مابین رشته سیم‌ها برقرار نشود. سویچ باکس وظیفه انتقال نرم‌افزاری محل اندازه‌گیری ایستگاه‌ها را عهده‌دار می‌باشد. به این ترتیب که بعد از پهن شدن کابل روی زمین و اتصال تمام الکترودهای پتانسیل به کانال‌های مرتبط، اپراتور در محل استقرار دستگاه. عمل جابه‌جایی محل ایستگاه‌های اندازه‌گیری را توسط سویچ باکس انجام می‌دهد.

۲-۳-۳ مشخصات کادر فنی انجام خدمات

پرسنل موردنیاز در انجام یک پیمایش IP در عملیات صحرایی و دفتری شامل کارشناسان، تکنسین‌ها و کارگران می‌باشد.

۲-۳-۳-۱ کارشناس مسئول

کارشناس مسئول انجام عملیات پلاریزاسیون القایی باید یک کارشناس دارای مدرک حداقل فوق لیسانس ژئوفیزیک با سابقه بیش از ۵ سال کار مفید در زمینه IP یا فوق لیسانس رشته‌های اکتشاف معدن و یا زمین‌شناسی اقتصادی با سابقه بیش از ۸ سال کار مفید در زمینه IP باشد. کارشناس ژئوفیزیک مسئول پروژه و طراح شبکه نمایش خواهد بود و بر روند کلی عملیات نظارت و راهنما می‌باشد. علاوه بر این تلفیق نتایج با شرایط زمین‌شناسی منطقه، پردازش داده‌ها ترسیم نقشه‌های نهایی تعبیر و تفسیر نتایج و تهیه گزارش نهایی و نیز تغییر شبکه نمایش با توجه به نتایج اولیه و بهبود آن وظیفه کارشناس مسئول می‌باشد.

۲-۳-۳-۲ کارشناس صحرایی

کارشناس صحرایی باید حداقل دارای مدرک کارشناسی در زمینه ژئوفیزیک، معدن یا زمین‌شناسی با تجربه بیش از ۳ سال در کار صحرایی و برداشت‌های پلاریزاسیون القایی باشد. وظیفه کارشناس صحرایی هدایت عملیات صحرایی، اجرای شبکه‌بندی مطالعه دستورالعمل کار با دستگاه‌های آموزش آن به تکنسین‌های برطرف کردن مشکلات احتمالی طی برداشت‌های صحرایی، انجام محاسبات روزانه و ترسیم اولیه نتایج صحرایی،

ارتباط دائم با زمین‌شناسی منطقه یا کارفرما تعبیر و تفسیر اولیه (صحرائی) داده‌ها و نظارت بر کار تکنسین‌ها می‌باشد.

۲-۳-۳-۳-۳ تکنسین‌ها

تکنسین‌ها (دو نفر) باید حداقل دارای مدرک دیپلم ریاضی تجربی یا فنی و بیش از ۵ سال تجربه درزمینه کاری باشند. وظیفه تکنسین‌ها کار با ترانس‌میتور و رسیور، مراقبت و محافظت از دستگاه‌ها و نظارت بر عملکرد کارگران، چه از نظر عملکرد صحرائی و چه از نظر مسائل حفاظتی و همچنین انتقال داده‌ها به کامپیوتر می‌باشد. در پایان هرروز عملیات صحرائی تکنسین‌ها باید ضمن نظارت بر جابجایی دستگاه‌ها و اطمینان از حمل سالم آن‌ها کابل‌های جریان و پتانسیل را مورد بازبینی قرار دهند تا در صورت زخمی شدن دوشش آن‌ها، نسبت به نرمیم یا تعویض آن‌ها اقدام نمایند. همچنین نظارت بر انتقال هر آن‌ها در صحرا موردنیاز می‌باشد و جمع‌آوری آن‌ها در پایان هرروز کاری وظیفه تکنسین‌ها می‌باشد. جهت انجام این امر می‌توان فهرستی تهیه و بر اساس آن اقدام نمود.

۲-۳-۳-۴ کارگران

کارگران معمولاً غیر ماهر بوده ولی در شروع کار باید نحوه انجام کار و مسائل ایمنی مربوط به کار با برق ولتاژ بالا توسط تکنسین‌ها به آن‌ها آموزش داده شود. وظیفه کارگران حمل و آماده‌سازی الکترودهای گسترده کابل‌ها و جمع‌آوری حمل دستگاه‌ها و لوازم از اتومبیل به محل کار و بالعکس آن‌ها، ایجاد حفره و چاله جهت الکترودهای جریان و پتانسیل و نیروی از دستورات گروه فنی می‌باشد.

۲-۳-۴-۲ چک لیست وسایل و کارکنان

جهت اطمینان از آمادگی همه وسایل، تجهیزات و پرسنل موردنیاز انجام یک پروژه ژئوفیزیکی، معمولاً لیستی تهیه و همه موارد لازم در آن قید می‌شود. دلیل این کار این است که گاهی به خاطر فراموش کردن یک مورد به‌ظاهر بی‌اهمیت کل انجام پروژه برای یک روز و گاهی برای چند روز به‌صورت ناخواسته تعطیل می‌شود

۲-۳-۴-۱-۱-۴-۳-۲ چک لیست وسایل و تجهیزات

در اینجا باید همه وسایل و تجهیزات موردنیاز حتی آن‌هایی که کم‌اهمیت جلوه می‌کنند آورده شود. گاهی یک ابزار ممکن است در طول یک پروژه اصلاً مورد استفاده قرار نگیرد ولی در صورت نیاز و نبود آن کار متوقف شود

۲-۳-۴-۱-۱-۴-۳-۲ تجهیزات اصلی

شامل تجهیزاتی می‌شود که شروع با انجام کار بدون آن‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد و عبارت‌اند از:

- ۱- منبع تغذیه (بسته باطری با موتور ژنراتور)؛ که قبل از اعزام به محل انجام پروژه باید از سلامت و آماده بکار بودن آن‌ها شارژ بودن باطری‌های مطمئن شد.
- ۲- ترانسمیتر باید آماده بکار باشد
- ۳- رسیور باید آماده بکار باشد. همچنین باطری‌های داخلی آن باید شارژ باشد.
- ۴- لپ‌تاپ حاوی برنامه‌های نرم‌افزاری مربوطه همراه باشد.
- ۵- کابل‌ها، سیم‌ها و قرقه‌ها باید سالم و آماده بکار باشند.
- ۶- الکترودهای پتانسیل باید سالم. تمیز و از شب قبل در محلول کلت کبود غوطه‌ور شده باشند. معمولاً باید چند الکترو پتانسیل یدکی همراه داشته باشید چون ممکن است در طول عملیات مخصوصاً در نواحی کوهستانی رها شدن آن‌ها از دست کارگران باعث شکستن آن‌ها شود. الکترودهای جریان و نیروهای سوسماری باید تمیز و تعدادی اضافه نیز در دسترس باشد.
- ۷- اتومبیل صحرائی باید دو دیفرانسیل دارای بیمه‌نامه شخص ثالث و از هر نظر سالم و نسوخت کافی همراه داشته باشد. در نواحی دور از آبادی لازم است برای حمل کارگران نیز اتومبیل مناسبی به خدمت گرفته شود.

۲-۳-۴-۱-۲ تجهیزات کمکی

تجهیزات کمکی شامل موارد زیر است:

- ۱- ابزارها مانند پیچ‌گوشتی در سایزهای موردنیاز، انبردست، سیم‌چین و آچارهای موردنیاز.
- ۲- بیسیم کوتاه برد تاکی-واکی مخصوصاً در نواحی کوهستانی جهت ارتباط بین افراد اکیپ.
- ۳- لنت برق جهت پوشش دادن سیم‌های زخمی و ایزوله کردن آن‌ها.
- ۴- دبه بنزین اضافی و روغن موتور برای موتور ژنراتور.
- ۵- باطری یدکی برای رسیور.
- ۶- کلت کبود و نمک جهت استفاده الکترودها.
- ۷- چکش یا تک، بیل، کلنگ، بیلچه و دستکش ایمنی.
- ۸- یک دستگاه اهم‌متر در صحرا مخصوصاً مواقعی که مشکلی پیش بیاید بسیار کارساز خواهد بود.
- ۹- در نواحی خشک و دور از آبادی لازم است چندین دبه آب جهت مرطوب کردن محل الکترودها و دیگر مصارف همراه باشد.
- ۱۰- در نواحی دور از شهر لازم است نهار و مواد خوراکی و نوشیدنی برای همه افراد اکیپ فراهم و همراه باشد.
- ۱۱- جعبه کمک‌های اولیه پزشکی حاوی کیت نیش مار.
- ۱۲- زیرانداز یا صندلی تاشو صحرائی برای کادر فنی مخصوصاً ایراتور رسیور
- ۱۳- کیف محتوی نوشت‌افزار و کاتالوگ دستگاه‌ها
- ۱۴- پرونده پروژه قرارداد. طراحی اولیه، موافقت‌نامه‌ها، اطلاعات زمین‌شناسی و غیره.
- ۱۵- جی‌پی‌اس یا کمپاس، نقشه‌های توپوگرافی یا عکس‌های هوایی
- ۱۶- کپسول اطفاء حریق برای اتومبیل
- ۱۷- پودر اطفاء حریق برای موتور ژنراتور

- ۱۸- لوازم شخصی و کوله دشتی
- ۱۹- دوربین عکاسی جهت گرفتن عکس‌های لازم در گزارش
- ۲۰- متر یا طناب مترآژ شده به همراه اسپری رنگ

چک لیست کارکنان

- در کنار کادر فنی نیروی انسانی لازم شامل راننده و کارگران می‌باشد.
- راننده باید دارای گواهینامه رانندگی و آگاه به اطلاعات اولیه فنی اتومبیل بوده و تجربه رانندگی در نواحی صحرائی کوهستانی و جاده‌های خاکی را داشته باشد.
- کارگران از افراد بومی هر منطقه بکار گرفته می‌شوند. بدین لحاظ نمی‌توان شرایط محکمی برای آن‌ها در نظر گرفت چون ممکن است کارگران با شرایط مطلوب در منطقه وجود نداشته باشد. ولی بهر حال کارگران باید تا حد ممکن دارای شرایط ذیل باشند:
- ۱- دارای فیزیک بدنی مناسب جهت کار در شرایط بیابانی یا کوهستانی و تحمل شرایط سرما یا گرما و نیز توان فیزیکی لازم جهت حفر چاله‌های دفن حلب‌ها و کوبیدن پتک روی الکترودهای میله‌ای جریان و حمل دستگاه‌های سنگین وزن آی - پی را داشته باشد.
 - ۲- حداقل سواد بری خواندن شماره ایستگاه‌های اندازه‌گیری را داشته باشد.
 - ۳- معمولاً سن کارگران بین ۱۸ تا ۴۵ سال برای این کار مناسب می‌باشد.
 - ۴- لازم است همکاران در مدت همکاری بیمه تأمین اجتماعی و حوادث شوند.
 - ۵- در بعضی مناطق به خاطر سختی حمل و نقل دستگاه‌ها و دوری محل عملیات از جاده‌های دسترسی لازم است با استقرار چادر و خیمه دستگاه‌ها در محل مستقر و برای شب از دو نفر نگهبان استفاده شود که در این حالت باید نگهبانان شرایط لازم مانند قدرت جسمی و روحی و عدم ترس از ماندن در مناطق پرت در هنگام شب را داشته باشند.

نحوه محاسبه حق الزحمه

۲-۴-۱ عوامل تأثیرگذار در هزینه‌ها

- در انجام پروژه ژئوفیزیکی یکی از مسائل هزینه انجام پروژه می‌باشد که برآورد آن قبل از انجام پروژه ضروری می‌باشد و در بحث مطالعات فنی - اقتصادی باید انجام پروژه را توجیه اقتصادی نماید. در یک پروژه ژئوفیزیکی پلازیراسیون القایی عوامل تأثیرگذار در هزینه‌ها عبارت‌اند از:
- ۱- هزینه استهلاک دستگاه‌های ژئوفیزیکی و مواد مصرفی

۲- هزینه خدمات کارشناس و کادر فنی صحرائی

۳- هزینه کارگری

۴- هزینه حمل و نقل اتومبیل صحرائی مورد نیاز

۵- هزینه اسکان و تغذیه

۶- هزینه دفتری شامل طراحی اولیه تا پردازش داده‌ها، ترسیم نقشه‌ها و گزارش نویسی نهایی

۲-۴-۲ بازده

چون هزینه‌های انجام عملیات ژئوفیزیک بر اساس هزینه در روز تعریف شده بنابراین باید میزان رندمان صحرائی یعنی حجم کاری که در یک روز باید انجام شود نیز تعریف گردد. با توجه به اینکه شرایط انجام کار صحرائی به لحاظ شرایط توپوگرافی متفاوت می‌باشد می‌توان رندمان صحرائی را برای سه محیط دشت، تپه‌ماهوری و کوهستانی تعریف گردد در شرایط دشت رندمان صحرائی به‌طور متوسط برای آرایش‌های الکترودی مختلف در روش پلاریزاسیون القایی ۲۰۰ ایستگاه اندازه‌گیری در روز و برای شرایط تپه‌ماهوری ۱۸۰ ایستگاه و برای شرایط کوهستانی ۱۶۰ ایستگاه در روز می‌باشد.

۲-۴-۳ ضریب شرایط مختلف اقلیمی و منطقه‌ای

مناطق مختلف کشور از نظر آب و هوایی و دسترسی به امکانات شهری نظیر جاده و امکانات رفاهی و زیرساخت‌ها و شرایط اجتماعی و امنیتی بسیار متفاوت می‌باشند. برای روش‌های مختلف ژئوفیزیک تأثیر این ضریب می‌تواند متفاوت باشد. مثلاً برای روش‌هایی که دستگاه‌ها و تجهیزات بیشتر و سنگین‌تر و گران‌تری دارند و پرسنل مورد نیاز از نظر کیفی و کمی در حد بالاتری می‌باشند عدد به‌کاربرده شده در فرمول عدد کوچک‌تری خواهد بود که منجر به خروجی بزرگ‌تری می‌شود. برای روش پلاریزاسیون القایی ضریب منطقه‌ای به شکل رابطه (۲-۱) تعریف می‌شود:

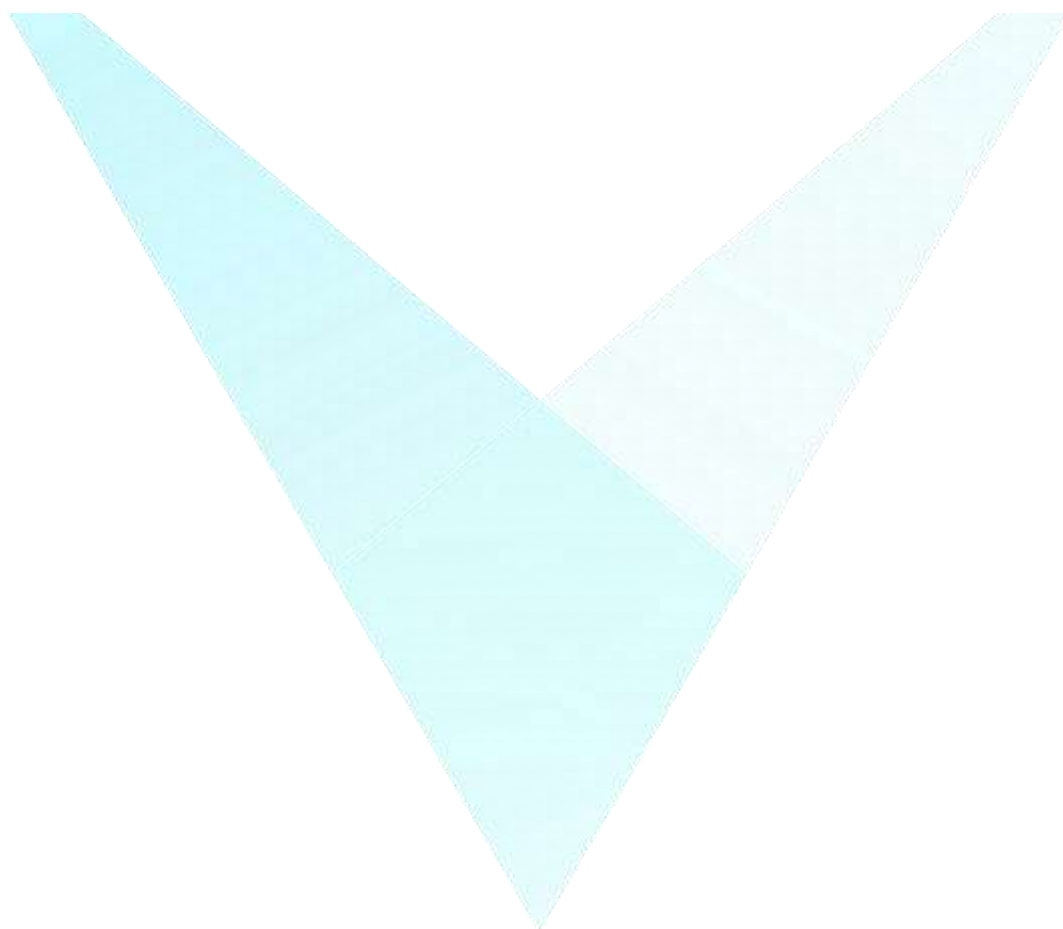
$$RP = \frac{(R+0.75)}{1.75}$$

که در آن R ضریب منطقه‌ای حقوق عوامل نظارت کارگاهی اعلام شده برای مناطق مختلف کشور توسط سازمان برنامه و بودجه کشور می‌باشد. به‌هر حال ضریب منطقه‌ای به‌دست آمده کوچک‌تر یا مساوی R خواهد بود.

۲-۴-۴ تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش پلاریزاسیون القایی

جدول ۱-۲- تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش پلاریزاسیون القایی

| شماره | شرح | واحد | بها (ریال) |
|-------|--|----------|------------|
| ۱ | حق الزحمه مطالعات ژئوفیزیک به روش پلاریزاسیون القایی | اکیپ روز | ۵۶,۱۱۷,۰۰۰ |
| ۲ | هزینه حمل افراد و وسایل از دفتر مشاور به کارگاه و بالعکس در جاده‌های آسفالتی | کیلومتر | ۴۶,۰۲۳ |
| ۳ | هزینه حمل افراد و وسایل از دفتر مشاور به کارگاه و بالعکس در جاده‌های خاکی | کیلومتر | ۸۱,۶۵۴ |



shaghool.ir

فصل ۳

روش مغناطیس سنجی

shaghool.ir

۳-۱ کلیات

۳-۱-۱ معرفی روش

از سه قرن پیش معلوم بود که زمین به صورت یک مغناطیس بزرگ و تاندازه‌ای نامنظم رفتار می‌کند و اگر یک قطعه مگنتیت را از یک نخ آویزان کنیم، در راستای معینی قرار می‌گیرد که شمال مغناطیسی است و در نزدیکی محور چرخش زمین قرار دارد. نخستین بار گیلبرت به این موضوع پی برد.

تغییر این جهت‌ها در نزدیکی توده‌های آهن اولین بار موجب کشف توده‌های آهن گردید و اولین مقاله در این رابطه توسط نالن در سال ۱۹۷۹ بانام آزمون کانسارهای آهن با اندازه‌گیری‌های مغناطیسی منتشر شد. مغناطیس‌سنجی قدیمی‌ترین شاخه ژئوفیزیک محسوب می‌شود و در چند دهه اخیر پیشرفت‌های فراوان داشته است. به‌طور کلی میدان مغناطیسی زمین از سه قسمت اصلی تشکیل شده است.

- میدان اصلی زمین که منشأ داخلی دارد و عامل به وجود آورنده آن مواد مذاب و متحرک داخل هسته زمین است

- میدان خارجی زمین که منشأ خارجی دارد و منشأ آن یونسفر تشعشعات خورشیدی و میدان‌های مغناطیسی بین سیاره‌ای می‌باشد.

- میدان‌های محلی که منشأ آن‌ها وجود توده‌های مغناطیسی مدفون در دودسته زمین می‌باشد منشأ تغییرات میدان نیز همین نیروها می‌باشند. تغییرات طولانی‌مدت میدان، منشأ داخلی داشته و تغییرات کوتاه‌مدت منشأ خارجی دارند.

هدف از برداشت‌های مغناطیس‌سنجی همان اندازه‌گیری مقدار میدان محلی ناشی از توده‌های مغناطیسی مدفون در پوسته می‌باشد. این توده‌ها مقدار و جهت بردار طبیعی زمین در آن نقطه را تغییر می‌دهند و به این ترتیب می‌توان به وجود آن‌ها پی برد. برای اندازه‌گیری مقدار و جهت میدان در یک نقطه از مغناطیس‌سنج استفاده می‌شود. مغناطیس‌سنج‌های فلاکس گیت. مؤلفه‌های میدان را در سه جهت اندازه‌گیری می‌کنند؛ اما مغناطیس‌سنج‌های پروتون که امروزه در برداشت‌های معدنی بیشترین کاربرد را دارند مقدار میدان کل را اندازه‌گیری می‌نماید. برای این کار یک حسگر نور و یک واحد اندازه‌گیری دیجیتال کنسول، لازم است. سنسور با بخش حماس در این مغناطیس‌سنج‌ها شامل یک استوانه که داخل آن با یک مایع غنی از اتم‌های هیدروژن پر شده و توسط یک سیم‌پیچ احاطه شده می‌باشد. سیم‌پیچ توسط سیم‌های رابط با بخش‌های دیگر که شامل باتری، تقویت‌کننده و شمارشگر فرکانس است. ارتباط دارد. در هر بار اندازه‌گیری جریان ضعیفی در زمان حدود ثانیه به سنسور القا شده و سپس بعد از قطع جریان. فرکانس میدان ثانویه القایی اندازه‌گیری می‌شود. میزان این میدان به شدت مغناطیس زمین در آن نقطه بستگی دارد و به این ترتیب می‌توان مقدار شدت کل میدان را در هر نقطه به دست آورد. دستگاه‌های امروزی میدان را با دقت ۰/۱ ناتوتسلا اندازه‌گیری می‌نمایند.

همچنین مواد از نظر مغناطیس شوندگی و مقدار ضریب خود پذیری مغناطیسی به سه دسته دیامغناطیس پارامغناطیس و فرو مغناطیس تقسیم می‌شوند

در زیر تغییرات خوپذیری مغناطیسی برای تعدادی از سنگ‌ها و کانی‌ها آورده شده است.

جدول ۳-۱- میانگین خودپذیری بعضی از سنگ‌ها و کانی‌ها

| نوع | میانگین خودپذیری $(SI) \times 10^3$ | نوع | میانگین خودپذیری $(SI) \times 10^3$ |
|----------|-------------------------------------|---------|-------------------------------------|
| هماتیت | ۶/۵ | کرومیت | ۷ |
| مانیتیت | ۶۰۰۰ | لیمونیت | ۲/۵ |
| زغال‌سنگ | ۰/۰۲ | کوارتز | -۰/۰۱ |
| آندزیت | ۱۶۰ | آهک | ۰/۳ |
| سربانتین | ۷۵ - ۳/۱ | نمک | - ۰/۰۱ |

۳-۱-۲ حوزه‌های کاربرد

روش مغناطیس‌سنجی در حوزه‌های مختلف کاربرد دارد دستگاه‌های مغناطیس‌سنج بسته به نوع عملیات و حساسیت، کاربرد متفاوتی دارند:

۳-۱-۲-۱ کاربرد دستگاه‌های مگنتومتر پروتون

- مطالعات کانسارهای آهن
- مطالعات نفتی
- شناسایی ذخایر معدنی فلزی و سولفیدی
- شناسایی زون‌های گسله و همبری
- هاله‌های مغناطیسی اطراف کانسارهای پورفیری
- مطالعات پی‌سنگ
- مطالعات زمین‌گرمایی

shaghool.ir

- آتش‌فشان‌شناسی

۳-۱-۲-۲ کاربرد دستگاه‌های مغناطیس‌سنج بخار سزیم، پتاسیم یا روبیدیوم با پمپ نوری

- مطالعات باستان‌شناسی

- تعیین موقعیت آلودگی‌های مغناطیسی در مطالعات زیست‌محیطی

- یافتن آثار قطعات انفجاری قدیمی نظیر گلوله‌های توپ و مین‌یابی در عملیات نظامی

- شناسایی حفره‌های زیرزمینی

- شناسایی ریز گسل‌ها

- شناسایی آب‌های زیرزمینی

۳-۲-۲ انجام عملیات صحرائی و برداشت اطلاعات

برداشت‌های مغناطیس‌سنجی به سه صورت هوایی زمینی و دریایی انجام می‌شود که به علت آنکه برداشت‌های دریایی و هوایی پیچیدگی‌ها و استانداردهای خاص خود را دارد. در اینجا به آن پرداخته نمی‌شود. نتایج برداشت‌های هوایی کوچک‌مقیاس در کل ایران (برداشت‌های بافاصله پرواز ۷/۵ کیلومتر) و همچنین بخش‌هایی از زون‌های معدنی ایران بافاصله خط برداشت کمتر (۵۰۰ متر و ۲۰۰ متر و حتی کمتر) توسط سازمان زمین‌شناسی و بعضی نهادهای دیگر برداشت‌شده و موجود است. برداشت‌های هوایی ممکن است با بالگرد با هواپیما و اخیراً با استفاده از پهباد انجام شود

به‌طورکلی در هر برداشت مغناطیس‌سنجی، ابتدا شبکه و روش برداشت طراحی و سپس عملیات صحرائی انجام می‌شود که در ادامه به آن می‌پردازیم:

۳-۲-۱ طراحی عملیات صحرائی

اولین قدم در طراحی یک برداشت ژئوفیزیکی جمع‌آوری اطلاعات مربوط به سابقه مطالعات انجام‌شده و کلیه داده‌های ژئوفیزیکی موجود در رابطه باهدف موردنظر است. اطلاعات جانبی نظیر نحوه دسترسی به منطقه، فاصله تا ساختمان‌های موجود، خطوط راه‌آهن، جاده‌ها، تأسیسات الکتریکی، توپوگرافی و همچنین موقعیت لوله‌های کابل‌ها و تأسیسات بشری بایستی تهیه شوند. مهم‌تر از موارد مذکور، دسترسی به نقشه‌های مقاطع و یا سایر اطلاعات مربوط به منطقه می‌باشد.

در برداشت داده‌های مغناطیس از اساسی‌ترین پارامترهای انجام عملیات صحرائی، این است که مسئله به‌خوبی تعریف شود. برای این منظور چهار پرسش اساسی وجود دارد که بایستی به‌خوبی پاسخ داده شوند. این پرسش‌ها عبارت‌اند از:

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

در اکثر موارد یک شبکه گسترده برای شناسایی اولیه منطقه و تعیین نواحی بی‌هنجار، انتخاب می‌شود. در صورت اثبات چنین بی‌هنجاری‌هایی توسط ارزیابی‌های ابتدایی مناطق موردنظر باید با یک شبکه متراکم تر، مجدداً برداشت شوند. این مسئله باعث کاهش قابل توجه هزینه‌ها می‌شود.

۲-۲-۳ طراحی شبکه مغناطیس‌سنجی و انتخاب روش

دو راه برای برداشت و ارائه داده‌ها وجود دارد: پروفیل زنی و تهیه نقشه در پروفیل زنی یک مقطع بر روی زمین اندازه‌گیری می‌شود. در تهیه نقشه یک شبکه بر روی زمین پیاده و برداشت می‌شود. در طراحی شبکه برداشت، سه عامل را می‌توان در نظر گرفت:

- نوع یا شکل شبکه

- فاصله خطوط برداشت

- فاصله ایستگاه‌ها روی هر خط برداشت معمولاً داده‌های حاصل از شبکه برداشت به صورت نقشه‌های دربندی ارائه داده می‌شود. پروفیل‌ها عمود بر توده موردنظر انتخاب می‌شود و اگر توده نپنهان باشد می‌توان ساختارهای زمین‌شناسی را مورد بررسی قرار داد و امتداد خطوط برداشت را عمود بر آن‌ها انتخاب نمود. فاصله ایستگاه‌ها نیز به گونه‌ای انتخاب می‌شود که بتوان به تعداد کافی از نهشته یا بی‌هنجاری موردنظر اثر ثبت نمود. در غیر این صورت ممکن است تفسیر داده به کلی دچار اشتباه شود. برای ساختارهای دایره‌ای امتداد برداشت اهمیت ندارد؛ اما برای ساختارهای میله‌ای ارتباط بین امتداد پروفیل و امتداد ساختار با استفاده از احتمالات هندسی قابل بررسی است که در اینجا به آن پرداخته نمی‌شود. در زیر طراحی برداشت‌های حساس زمینی و برداشت‌های معدنی به طور جداگانه آورده شده است:

۱-۲-۲-۳ طراحی شبکه برداشت‌های حساس زمینی

این برداشت‌ها برای مگنتومترهای بخار سزیم یا رویدیوم در نظر گرفته می‌شود. معمولاً فاصله پروفیل‌ها در این نوع برداشت یک متر و شاید هم کمتر و فاصله ایستگاه بسته به تنظیم زمان اندازه‌گیری می‌تواند نا کمتر از ۱۰ سانتیمتر هم باشد.

۲-۲-۲-۳ طراحی شبکه برداشت‌های معدنی

در برداشت‌های معدنی اغلب از مگنتومترهای پروتون استفاده می‌شود و فاصله برداشت‌ها می‌تواند بین حدود ۵ متر تا ۱۰۰ متر برای فاصله ایستگاه و فاصله پروفیل در نظر گرفته شود. فواصل ۵ متری برای مطالعه رگه‌های باریک معدنی و غالباً شامل مگنتیت یا توده‌هایی که خاصیت مغناطیسی قابل توجه دارند پیشنهاد می‌شود.

فواصل بیشتر برای مطالعه توده‌های بزرگ نر و یا توده‌های پنهان مغناطیسی و با هاله‌های مدیریتی و بیرونی اطراف کانسارهای مورفیری، شناسایی روند کانی‌سازی‌های احتمالی در زیرزمین و یا روند گسل‌ها و عمق سنگ بی و ... بکار می‌رود. در این برداشت‌ها سعی می‌شود تا آنجا که ممکن است پروفیل‌ها عمود بر امتداد روند احتمالی بی‌هنجاری انتخاب شوند. در غیر این صورت بهتر است از شبکه مربعی استفاده شود

۳-۲-۳ برداشت‌های صحرائی

بسته به نوع عملیات برای ثبت موقعیت ایستگاه برداشت. از روش‌های متفاوت استفاده می‌شود. در هر دو حالت بایستی ایستگاه مبنا در یک محل مناسب و بدون نویز مستقر شود و قبل از شروع اندازه‌گیری در برداشت‌های حساس با مگنتومترهای بخار سزیم یا موارد مشابه و می‌نوان شبکه را با متر بر روی زمین پیاده نموده و در امتداد متر که کاملاً به‌طور خطی بر روی زمین کشیده شده حرکت نمود. این روش برای کارهای خیلی دقیق و حساس و در مساحت‌های کم و بدون توپوگرافی کاربرد دارد. در این برداشت‌ها بایستی همه نکات در ابتدا رعایت شود. چون امکان تکرار در این برداشت‌ها کمتر است. بدین منظور هنگام برداشت داده‌ها نکات زیر بایستی مدنظر قرار گیرند

- چون معمولاً برداشت‌ها به‌طور پیوسته انجام می‌گیرد. ارتفاع سنسور. جهت سنسور (با توجه به کاتالوگ هر دستگاه) و سرعت حرکت شخص برداشت کننده از مواردی است که بایستی مورد توجه قرار گیرد
- به‌هیچ‌عنوان وسیله فلزی که مغناطیس ایجاد می‌کند نباید در برداشت‌ها بکار رود.
- در برداشت‌های ایستگاهی با دستگاه مگنتومتر برونون، معمولاً در هر ایستگاه اندازه‌گیری‌ها دو تا سه بار انجام می‌شود تا از کیفیت و درستی نتایج اطمینان حاصل شود - جهت سنسور بایستی مورد توجه بوده و هر نوع وسیله مغناطیسی بایستی از سنسور کاملاً دور باشد
- برای برداشت‌های معدنی می‌توان از مگنتومترهایی که خود دارای GPS هستند یا همان GPS های دستی استفاده نمود. در کارهای دقیق‌تر می‌توان از ایستگاه‌های نقشه‌برداری شده و یا PS های دو کاناله استفاده گردد

- معمولاً سنسور در جهت شمال قرار داده می‌شود تا بیشترین قطبش در سنسور اعمال شود
- ارتفاع سنسور از زمین نیز باید در طی برداشت ثابت باشد. در هر مطالعه مغناطیس‌سنجی ضروری است که مقدار میدان در یک محل معین (ایستگاه مبنا) به‌طور مرتب اندازه‌گیری شود که بتوان با استفاده از آن هم به طوفان‌های مغناطیسی و هم به مقدار تغییرات روزانه میدان می‌برد. تغییرات روزانه می‌تواند تا ۴۰ گاما یا بیشتر در روز نیز برسد.

در پایان هرروز برداشت. تمام‌دانه‌ها به رایانه منتقل شده و نصیحات روزانه بر آن اعمال می‌شود تا همه داده‌ها درنهایت به یک روز و زمان معین انتقال یافته و قابل مقایسه باشند. اکثر دستگاه‌ها با متصل شدن به هم صحیح روزانه را به‌طور خودکار انجام می‌دهند؛ اما در صورتی که این کار بر روی دستگاه انجام نشود پس از تخلیه اطلاعات بر روی رایانه نیز قابل انجام است

۳-۲-۴ پردازش و تفسیر اطلاعات

۳-۲-۴-۱ نحوه پردازش اطلاعات

پس از تخلیه داده‌ها بر روی رایانه دستی و ویرایش داده‌ها و حذف مقادیر غیرمعمول داده‌ها به نرم‌افزار منتقل شده و سپس محاسبه شبکه نقاط (گرید) انجام می‌شود. پس‌از آن با استفاده از منوهای نرم‌افزار پردازش‌های مختلفی بر روی داده‌ها انجام می‌شود. این پردازش‌ها بسته به نیاز کارفرما و موضوع مطالعه می‌تواند بسیار متنوع باشد اما معمولاً پردازش‌های زیر در یک برداشت مغناطیس استفاده می‌شود.

۳-۲-۴-۱-۱ تصحیح IGRF

با توجه به مختصات برداشت و ارتفاع متوسط محدوده می‌توان مقدار میدان متوسط مغناطیسی زاویه انحراف و زاویه میل را با استفاده از منحنی‌های میزان جهانی و یا نرم‌افزارهای ساخته‌شده بدین منظور به دست آورده و از مقدار میدان اندازه‌گیری شده در هر ایستگاه کسر نمود.

۳-۲-۴-۲ تصحیح روزانه

چون میدان با زمان به‌طور روزانه تغییر می‌کند. با استفاده از ایستگاه مبنا در هر منطقه تصحیحات روزانه بر روی داده‌ها اعمال می‌شود

۳-۲-۴-۳ روش تهیه نقشه باقیمانده

با استفاده از روش‌های برازش منحنی با درجات مختلف و روش‌های ریاضی دیگر می‌توان اثر منطقه‌ای را از اثر محلی کم کرده و مقدار میدان باقیمانده را در محدوده به دست آورد.

۳-۲-۴-۴ روش پردازش برگردان به قطب

بی‌هنجاری مغناطیسی علاوه بر شکل و معمار نفوذپذیری مغناطیسی منبع آن، به جهت میدان زمین در آن منطقه نیز بستگی دارد. برای تعیین مرکز بی‌هنجاری لازم است داده‌ها را به شرایط قطب برگرداند. برای این کار با در دست داشتن مقدار زاویه میل و انحراف در منطقه و اعمال آن به داده‌ها این عدم تقارن از بین رفته و تفسیر داده‌ها آسان‌تر می‌شود. در ایران معمولاً بی‌هنجاری‌ها، کمی به سمت شمال کشیده می‌شوند.

۳-۲-۴-۵ روش پردازش ادامه فراسو یا فروسو تا سطوح ارتفاعی مختلف

در این روش، میدان پتانسیل اندازه‌گیری شده به ارتفاع معینی بالاتر و یا پایین‌تر از سطح اندازه‌گیری شده منتقل می‌شود و به این ترتیب می‌توان بی‌هنجاری‌های کوچک سطحی را در ادامه فراسو از بین برد. این کار را می‌توان با استفاده از تبدیل فوریه انجام داد. معمولاً ادامه فروسو در برداشت‌های زمینی کمتر استفاده می‌شود.

۳-۲-۴-۶ روش پردازش گرانی ساختگی

در اینجا میدان پتانسیل مغناطیس به وسیله فرمول به گرانی تشبیه می‌شود و از آنجایی که میدان گرانی به راحتی قابل تفسیر است. می‌توان از این پردازش در تفسیر داده‌های مغناطیس به خوبی استفاده نمود.

۳-۲-۴-۱-۷ نمودار تخمین عمق

این نمودار با استفاده از طیف توان متوسط بی‌هنجاری‌ها تهیه می‌شود و مقدار عمق تمام بی‌هنجاری‌ها را در منطقه با توجه به دامنه آن محاسبه می‌کند. به این ترتیب می‌توان عمیق‌ترین و کم‌عمق‌ترین بی‌هنجاری و همچنین متوسط عمق بی‌هنجاری‌ها را حدس زد.

۳-۲-۴-۱-۸ پردازش مشتق اول و دوم

نقشه‌های مشتق نیز برای درک وضعیت بی‌هنجاری‌ها مفید است. نقشه مشتق اول میزان تغییرات یا همان شیب تغییرات را نمایش می‌دهد. به این معنا که بی‌هنجاری‌هایی که شیب تغییرات کمتری دارند می‌توانند عمیق‌تر و بی‌هنجاری‌های با شیب تغییرات تندتر سطحی‌تر باشند. به همین شکل مشتق دوم. شدت تغییرات بی‌هنجاری‌ها را نشان می‌دهد. این نقشه نیز شدت تغییرات را نشان می‌دهد که بازهم می‌تواند برآوردی از عمق و نعمت بی‌هنجاری به دست دهد.

۳-۲-۴-۱-۹ روش سیگنال تحلیلی

این روش برای تعیین لبه‌های بی‌هنجاری مفید است. ارائه فرمول‌های این روش در اینجا ضروری به نظر نمی‌رسد.

۳-۲-۴-۱-۱۰ روش تخمین عمق اویلر

این روش با در نظر گرفتن ضریب برای شکل منبع بی‌هنجاری، شکل زمین‌شناسی ساختار را نیز در تعیین عمق و محل منبع بی‌هنجاری دخالت می‌دهد. این ترتیب می‌توان نقشه‌هایی با استفاده از ضریب ساختار موردنظر به دست آورد که عمق دقیق‌تری را ارائه می‌کند.

۳-۲-۴-۲-۲ مشخصات نرم‌افزارها

در تهیه نقشه و مدل‌سازی داده‌های مغناطیس از نرم‌افزارهای مختلفی استفاده می‌شود که مرسوم‌ترین آن‌ها در ایران و تقریباً اکثر نقاط دنیا بسته نرم‌افزاری (Oasis montaj) از شرکت کانادایی Geosoft است. البته این بسته دارای نرم‌افزارهای مختلفی است. همچنین بسته نرم‌افزاری Encom شامل چند نرم‌افزار جداگانه می‌باشد و توسط مهندسان استرالیایی تهیه شده و در بین آن‌ها، نرم‌افزار Modelvision برای مدل‌سازی و ترسیم داده‌های مغناطیس و گرانی بکار می‌رود. همچنین نرم‌افزار Mag3D مربوط به دانشگاه بریتیش کلمبیا نیز برای مدل‌سازی سه‌بعدی برخی داده‌های مغناطیسی بکار می‌رود. البته چندین نرم‌افزار دیگر نیز وجود دارد که بسیاری از آن‌ها قابلیت ارتباط به هم را نیز داشته و خروجی هر کدام را می‌توان در سایر نرم‌افزارها استفاده نمود. در گذشته از نرم‌افزار Surfer با نرم‌افزارهای مشابه مانند اتوکد برای رسم نقشه‌های اولیه مغناطیس استفاده می‌شد.

۳-۲-۴-۳ مدل‌سازی

برای مدل‌سازی افراد مختلف از روش‌های مختلف استفاده می‌کنند که این می‌تواند بسته به نوع بی‌هنجاری و روش برداشت نیز فرق داشته باشد؛ مثلاً برای برداشتهای مغناطیس‌سنجی حساس، نیاز به مدل‌سازی کمتر احساس می‌شود و خود نقشه‌ها ممکن است کاملاً نیاز ما را برآورده سازد

برای برداشتهای معدنی استفاده از نرم‌افزارهای یک‌بعدی، دوبعدی و دونیم بعدی مثل Modelvision مناسب‌تر است برای برداشتهای هوایی استفاده از Mag3D می‌تواند مفید باشد. خروجی این نرم‌افزارها معمولاً به صورت اشکال سه‌بعدی منظم یا غیرمنظم است که بیشترین انطباق را با داده‌های اندازه‌گیری داشته و می‌تواند به بهترین شکل ممکن منبع بی‌هنجاری را توجیه نماید. دانستن مقدار نفوذپذیری مغناطیسی چشمه بی‌هنجاری موردنظر و سنگ دربرگیرنده نیز لازم است. در این نرم‌افزارها از روش‌های معمول وارون سازی داده استفاده می‌شود تا بهترین برازش به دست آید.

۳-۲-۴ نحوه نمایش و تفسیر اطلاعات

۳-۲-۴-۱ فرمت خروجی نقشه‌ها

معمولاً نتایج مطالعات مغناطیس‌سنجی به صورت نمودارها و نقشه‌های هملت رسم می‌شوند. انتظار می‌رود که اگر ابهامات زمین‌شناسی در محدوده مورد مطالعه وجود داشته باشد. بتوان اثر آنها را به این ترتیب مشاهده کرد و در شرایط مساعده شکل. نحوه گسترش. ابعاد و عمق بی‌هنجاری توده معدنی را تعیین نمود. خروجی نقشه‌ها معمولاً به صورت فایل‌های تصویری jpeg گرفته می‌شوند. چنانچه قبلاً هم اشاره شده این نقشه‌ها معمولاً شامل موارد زیر است:

- نقشه شدت کل میدان مغناطیس

- نقشه باقیمانده

- نقشه برگردان به قطب

- نقشه ادامه فراسو تا سطوح ارتفاعی مختلف

- نقشه گرانی ساختگی

- نمودار تخمین عمق متوسطه

- نقشه مشتق اول و دوم در صورت لزوم

- نقشه سیگنال تحلیلی

- نقشه تخمین عمق اویلر

البته می‌توان خروجی‌های مناسب برای استفاده در نرم‌افزارهای دیگر مانند ArcGIS نیز تهیه نمود. به این ترتیب می‌توان نقش‌ها را بر روی زمین‌شناسی یا سایر عوارض موردنظر دیگر منطبق نموده و نتایج به دست آمده را تفسیر نموده معمولاً در برداشتهای معدنی استفاده از برهم‌نهی لایه‌های مختلف، مثل زمین‌شناسی، تصویر گوگل. تصاویر هوایی با طول‌موج‌های مختلف، نقشه‌های ژئوشیمی و غیره معمول است. در

نمایش داده‌های مگنتومتری بهتر است هرکدام از خطوط برداشت علاوه بر نقشه به صورت گراف نیز نمایش داده شود تا بتوان بخش‌هایی را که شامل بی‌هنجاری است بر روی گراف هم مشاهده کرد. این گراف‌ها دیدگاه خوبی به مفسر ارائه می‌نماید. در باستان‌شناسی می‌توان از الگوهای ساختاری منظمی که در منطقه ردیابی شده استفاده نمود و به این ترتیب می‌توان ادامه عوارضی را که دیده نمی‌شود با داده‌های ژئوفیزیک منطبق کرده و نسبت به تفسیر داده اقدام نمود. نقشه‌های برداشت‌های مگنتومتری حساس به‌طور مرسوم، بیشتر به صورت Grayscale تهیه می‌شود.

۳-۲-۴-۲ فرمت خروجی مدل‌ها

مدل‌ها به صورت فایل‌های تصویری به صورت دوبعدی یا سه‌بعدی تهیه می‌شوند. بعضی نرم‌افزارها که برای تهیه تصاویر سه‌بعدی مناسب‌تر است در این مرحله استفاده می‌شود. از آن جمله می‌توان از Voxler به نام برد. در این نرم‌افزار با استفاده از داده‌های چهارستونی شامل x, y, z, m که m پارامتر موردنظر است. می‌توان مدل‌های سه‌بعدی متنوع تهیه نمود. به‌عنوان مثال خروجی نرم‌افزار MAG3D می‌تواند در این نرم‌افزار نمایش داده شود. در این حالت مقدار نفوذپذیری مغناطیسی پارامتر موردنظر و Z همان ارتفاع یا عمق است؛ اما خروجی نرم‌افزار مدل ویژن معمولاً به صورت اشکال هندسی منظم است که بر روی یک پروفیل یا نقشه دوبعدی و سه‌بعدی قابل نمایش است و می‌توان خروجی آن را به صورت فایل‌های تصویری BMP یا مشابه تهیه کرد.

۳-۲-۴-۳ تفسیر اطلاعات

در هنگام تفسیر بایستی تمام اطلاعات قبلی و تمام نتایج حاصل از برداشت‌ها تکمیل شده باشند. در این مرحله س از تلفیق لایه‌های مختلف اطلاعاتی در صورت وجود. مفسر برداشت‌های خود را از نتایج ارائه می‌کند. برداشت‌های مگنتومتری اصولاً کیفی هستند و اخیراً با استفاده از روش‌های جدید مدل‌سازی تا حدودی می‌توان در مورد ابعاد ذخیره نیز اظهارنظر نمود.

روش تفسیر بی‌هنجاری مغناطیس‌سنجی شباهت زیادی به گرانی دنجی دارد، اما ماهیت بی‌هنجاری مغناطیسی با بی‌هنجاری گرانی متفاوت است. بی‌هنجاری گرانی در اثر اختلاف جرم مخصوص مواد ایجاد شده و شکل آن به تغییرات جرم حجمی لایه‌های زیرسطحی بستگی دارد؛ اما بی‌هنجاری مغناطیسی علاوه بر میزان خودپذیری مغناطیسی به محل جغرافیایی و جهت بردار مغناطیسی بستگی دارد. به عبارت دیگر دو جسم یکسان با مقدار خود پذیری یکسان در دونقطه مختلف بر روی زمین بی‌هنجاری‌های یکسان نشان نمی‌دهند.

از آنجایی که اولین و مهم‌ترین استفاده از داده‌های مغناطیس‌سنجی مطالعه کانسارهای آهن است. اکثر روش‌های مدل‌سازی نیز بر همین پایه استوار شده و با فرض داشتن یک توده مغناطیسی با نفوذپذیری مغناطیسی معین صورت می‌گیرد. با استفاده از مدل‌سازی وارون داده‌ها به صورت

یک‌بعدی و دوبعدی و سه‌بعدی می‌توان به عمق سر توده ضخامت و شیب آن می‌برد. با تلفیق این نتایج با اطلاعات زمین‌شناسی و سایر نقشه‌ها می‌توان داده‌ها را تفسیر نمود.

به‌عنوان مثال نقشه‌های مختلف مانند نقشه برگردان به قطب و سیگنال تحلیلی برآوردی از محل قرارگیری توده امتداد و شیب به ما ارائه می‌دهد. همچنین برداشت‌های زمین‌شناسی نیز می‌تواند برآوردی از شیب و امتداد احتمالی در اختیار بگذارد. به‌این ترتیب می‌توان به یک نتیجه نسبتاً قطعی راجع به شیب و امتداد رسید. نقشه‌های ادامه فراسو و مشتق با نمودار تخمین عمق. تخمینی از عمق متوسط بی‌هنجاری‌ها، کمترین عمق و بیشترین عمق به دست می‌دهد. نمودار هر خط برداشت و یا مقاطع عمود بر امتداد بی‌هنجاری نیز می‌تواند برآوردی از تغییر شیب و وجود لایه‌های متوالی از کانی‌سازی در ادامه هم را ارائه دهد که ممکن است در اثر توالی مخفی مانده باشد. همچنین این نمودار مقدار زمینه بیشینه و کمینه بی‌هنجاری‌ها در خطوط مختلف برداشت که ممکن است بتوان آن را باکیفیت توده مرتبط نمود. را در اختیار می‌گذارد

با استفاده از نتایج مدل‌سازی می‌توان عمق نهایی متصور برای بی‌هنجاری، نحوه قرارگیری آن در عمق و حتی حجم توده را به دست آورد. البته این مدل‌ها نیز تا حد ممکن با توجه به وضعیت زمین‌شناسی توده‌ها و فرم ساختاری آن‌ها انتخاب می‌شوند. در برداشت‌های مگنتومتری حساس، بیشتر شکل بی‌هنجاری دارای اهمیت است و در کاوش‌های باستان‌شناسی و یا کاوش‌های مغناطیسی جهت آشکارسازی قراضه‌های آهن مدفون و یا لوله‌های توپ و مین‌های بجا مانده در عمق خاک، شکل و نحوه قرارگیری اهمیت دارد. نرم‌افزار ژئوسافت یک بخش جداگانه برای مدل‌سازی لوله‌های قدیمی توپ و یا مین و به‌طور کلی مسائل نظامی ارائه نموده است یک گزارش ژئوفیزیک به روش مغناطیس‌سنجی در انتها شامل موارد زیر است:

- اظهارنظر در مورد وجود یا عدم وجود بی‌هنجاری
 - شکل، امتداد، شیب و عمق بی‌هنجاری‌ها
 - مرتبط نمودن بی‌هنجاری با شواهد زمین‌شناسی مثلاً این بی‌هنجاری مرتبط با جنس سنگ یا کانی‌سازی آهن یا عوارضی مانند گسل و ... می‌باشد یا خیر
 - برآوردی از ابعاد منبع بی‌هنجاری احتمالی
- در آخر نیز پیشنهاد حفاری ارائه می‌شود. این حفاری‌ها می‌تواند مشتمل بر ترانشه‌های مخصوص در باستان‌شناسی یا کاوش‌های مخصوص برای مواد منفجره قدیمی و با حفر ترانشه معدنی، چاک. گمانه و با نوئل اکتشافی باشند. البته همیشه دلیلی برای حفاری وجود ندارد و ممکن است نتیجه منجر به استفاده از روش‌های بررسی دیگر یا سایر مباحث باشد. می‌توان نقاط پیشنهادی برای حفاری را بر روی نقشه موردنظر تصویر گوگل منطقه و یا زمین‌شناسی نمایش داد.

نحوه نگارش گزارش، در پیوست ۱ آمده است.

۳-۳ مشخصات کادر فنی و تجهیزات

۳-۳-۱ مشخصات فنی دستگاه‌ها

شرکت‌های مختلف پارامترهای مختلفی را برای دستگاه‌های خود ذکر می‌کنند که مهم‌ترین پارامترهایی که در مگنتومترها باید مورد توجه قرار گیرد در وهله اول معتبر بودن شرکت سازنده و در وهله دوم پارامترهای دقت، صحت و گرادیان و دامنه می‌باشد. در زیر به این پارامترها اشاره می‌شود:

- ۱- **میزان حساسیت:** این پارامتر میزان حساسیت قطعات الکترونیکی و سنسور را در ثبت مقدار نشان می‌دهد
- ۲- **دقت اندازه‌گیری:** این مقداری است که دستگاه می‌تواند در نمایشگر به اندازه‌گیری و ثبت نماید
- ۳- **صحت مطلق اندازه‌گیری:** چنانچه از نامش پیداست میزان اعتبار نهایی داده‌ای است که ثبت می‌شود به این معنا که این مقدار در هر صورت و در تکرارهای متوالی در یک نقطه معین همین مقدار خواهد بود
- ۴- **دامنه اندازه‌گیری:** توانایی اندازه‌گیری دستگاه در مناطق جغرافیایی مختلف را نشان می‌دهد. به‌طور مثال در مدارهای پایین به حدود ۲۰۰۰۰ نانوتسلا و در مدارهای بالا به حدود ۸۰ هزار نانوتسلا نزدیک می‌شویم که با اضافه کردن یک بی‌هنجاری به این مقدار دستگاه باید بتواند بردار نهایی را اندازه‌گیری نماید.
- ۵- **گرادیان اندازه‌گیری:** در واقع این پارامتر از موارد مهم در اندازه‌گیری‌های مغناطیسی بر روی توده‌های آهن‌دار می‌باشد. به این معنا که از یک اندازه‌گیری تا اندازه‌گیری بعدی میزان تغییرانی که سنسور می‌تواند تحمل کند چه مقداری است. به‌عنوان مثال وقتی از یک محل بدون بی‌هنجاری حرکت کرده و بلافاصله بر روی توده آهن با مغناطیس شدید قرار بگیریم شدت تغییرات را دستگاه بتواند تحمل کند و مقدار جدید را به‌درستی ثبت نماید.

۳-۳-۱-۱ حداقل مشخصات فنی قابل قبول برای دستگاه‌های مگنتومتر سزیم

- ۱- میزان حساسیت: ۰/۰۱ نانوتسلا
- ۲- دقت: ۰/۰۰۵ نانوتسلا
- ۳- صحت مطلق: ۰/۵۰۰ +/- نانوتسلا
- ۴- محدوده عملکرد: ۱۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ نانوتسلا
- ۵- میزان تحمل گرادیان یا همان تغییرات شدت میدان: ۴۰۰۰۰ نانوتسلا
- ۶- مقدار نمونه‌برداری در واحد زمان: ۱، ۲، ۵ یا ۱۰ داده در هر ثانیه به انتخاب کاربر

۳-۳-۱-۲ حداقل مشخصات فنی قابل قبول برای دستگاه‌های مگنتومتر پروتون

- ۱- دقت: ۰/۱ نانوتسلا
- ۲- صحت مطلق: ۱ +/- نانوتسلا
- ۳- محدوده عملکرد: ۲۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ نانوتسلا
- ۴- میزان تحمل گرادیان یا همان تغییرات شدت میدان: ۵۰۰۰ نانوتسلا (واقعی)

این مشخصات کمترین میزان دقتی است که امروزه برای یک دستگاه مگنتومتر می‌توان در نظر گرفت. در حالی که دستگاه‌های پیشرفته امروزی که در کانادا و آمریکا تولید می‌شوند به مراتب مشخصات فنی بسیار بهتری دارند. امروزه دستگاه‌های دارای GPS نیز تولید می‌شوند که می‌تواند به‌عنوان یک انتخاب بهتر مدنظر قرار گیرد

۳-۲-۳ مشخصات کادر فنی انجام خدمات

پرسنل فنی یک عملیات ژئوفیزیکی بایستی توانایی‌های جسمانی مناسب داشته و بتوانند در شرایط مختلف آب و هوایی و توپوگرافی انجام‌وظیفه نمایند. همچنین آشنایی با مسائل اولیه فنی و الکتریکی از دیگر مواردی است که یک ژئوفیزیست در عملیات صحرایی بایستی اندکی با آن آشنا باشد. به‌طور کلی در هر عملیات برداشت، تفسیر و گزارش دهی مغناطیس‌سنجی افراد زیر حضور دارند.

۳-۲-۳-۱ کارشناس ارشد پروژه

کارشناس ارشد پروژه بایستی حداقل مدرک کارشناسی ارشد یا دکتری در رشته ژئوفیزیک، معدن و یا زمین‌شناسی داشته و دارای ۷ سال تجربه در برداشت‌های صحرایی مرتبط بوده و تمام امور فنی مربوط به دستگاه‌ها را بداند کارشناس ارشد پروژه بایستی قابلیت‌های زیر را دارا باشد:

- به‌طور عمومی با انواع بی‌هنجاری‌های مغناطیسی و انواع کاربردهای روش مغناطیس‌سنجی آشنا باشد
- در برداشت‌های حساس حتما باید دوره‌های لازم را دیده باشد و راهنمای استفاده از هر دستگاه را مطالعه نموده باشد
- آشنایی کامل با نرم‌افزارها و همچنین روش‌ها و فن‌های مدل‌سازی داشته باشد.
- قابلیت تطبیق بی‌هنجاری‌ها با مشاهدات زمین‌شناسی و یا باستان‌شناسی و غیره داشته باشد.
- به امور مدیریتی مسلط باشد

همچنین کارشناس ارشد پروژه بایستی به روش تهیه گزارش‌های فنی و نرم‌افزارهای موردنیاز برای تهیه یک گزارش مسلط بوده و بتواند یک پروژه را از ابتدا تا انتها به انجام رسانده و نسبت به آن پاسخگو باشد.

۳-۲-۳-۲ کارشناس

یک کارشناس ژئوفیزیک که در عملیات صحرایی دسر درستی را به عهده می‌گیرد. بایستی حداقل دارای مدرک کارشناسی و یا کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، معدن یا زمین‌شناسی بوده و حداقل ۵ سال سابقه عملیاتی در برداشت‌های ژئوفیزیک داشته باشد. یک کارشناس ژئوفیزیک باید شرایط زیر را دارا باشد:

- دارای تجربه کافی بوده و دوره‌های لازم را دیده باشد.
- بتواند داده‌ها را تخلیه و نقشه‌ها را در پایان هرروز رسم نماید
- کارشناس بایستی بر کار تکنسین نظارت داشته باشد.
- صحت برداشت‌ها را در ایستگاه مبنا و دستگاه برداشت کنترل نموده و سپس تصحیحات روزانه را انجام داده و نقشه اولیه را ترسیم نماید و در صورت مشاهده بی‌هنجاری کارشناس ارشد پروژه را در جریان قرار دهد.

- کار با نرم افزارهای تخصصی ژئوفیزیک مانند ژئوسافت و سایر نرم افزارهای کاربردی از مهارت‌های یک کارشناس در برداشت مغناطیس است.

۳-۲-۳-۳ تکنسین

فردی که دارای مدرک کاردانی فنی و یا دیپلم فنی و یا ریاضی باشد و ۳ سال سابقه داشته باشد، می‌تواند این مسئولیت را به عهده گیرد.

یک تکنسین بایستی بتواند موارد زیر را انجام دهد:

کار با دستگاه در حدی که درستی داده‌ها را تشخیص دهد و در صورتی که موارد بی‌هنجاری را مشاهده نماید کارشناس را در جریان قرار دهد.

کنترل وسایل موردنیاز برای برداشت - چک کردن باتری‌ها و شارژ نمودن آن‌ها بعد از پایان هرروز عملیات صحرائی

تخلیه دستگاه‌ها

کار با رایانه دستی در حدی که بتواند نرم افزارهای مورد لزوم را برای تخلیه دستگاه به کاربرد

۳-۲-۳-۴ راننده صحرائی

راننده بایستی تا حدی به امور فنی آگاه باشند تا بتواند در شرایط بحرانی اکیپ را به مقصد موردنظر رسانده و بازگرداند.

۳-۳-۳-۳ چک لیست وسایل و کارکنان

به‌طور کلی هر اکیپ در یک عملیات صحرائی وسایل زیر را به همراه دارد

۱- کوله‌پشتی شامل لوازم شخصی

۲- همراه داشتن مواد غذایی و نوشیدنی به مقدار لازم

۳- همراه داشتن کیف ایمنی برای گزیدگی و کمک به مجروح در سوانح

۴- از آنجایی که بسیاری از این کارها ممکن است در نواحی دورافتاده انجام شود در جاده‌های طولانی وجود دو

ماشین و داشتن وسایل ارتباطی مانند بیسیم دستی با موبایل به‌گونه‌ای که بتوان در مواقع لزوم از آن استفاده کرد. ضروری است.

۵- جی‌پی‌اس دستی برای مشخص کردن مسیر دسترسی و پیدا کردن محدوده مورد مطالعه

۶- باتری باقابلیت شارژ دوباره و یا باتری‌های آلکالاین

۳-۳-۳-۱ وسایل تخصصی

یک کیپ ژئوفیزیک به‌طور خاص برای برداشت مغناطیس‌سنجی با انواع مگنتومتر بایستی وسایل زیر را به همراه داشته باشد

- ۱- لباس‌های عاری از هرگونه وسیله فلزی
- ۲- چسب نواری پهن برای ثابت کردن سنسور و تنظیم زاویه سنسور در برداشت‌های حساسیت بالا
- ۳- چسب برق برای استفاده در باتری
- ۴- همراه داشتن جعبه‌ابزار مناسب شامل هویه، ولت‌متر، قلع، انبردست، پیچ‌گوشتی و ... برای موارد ضروری
- ۵- فیوزهای استاندارد هر دستگاه که معمولاً با هر دستگاه ارائه می‌شود.
- ۶- متر دار چای بلند به‌طوری که در سرما و گرما طول آن تغییر نکند.
- ۷- میله‌های نیم متری استاندارد به‌عنوان نایه سنسور که معمولاً در هر دستگاه مغناطیس‌سنج چهار عدد وجود دارد.
- ۸- پایه مخصوص برای ایستگاه مبنا
- ۹- باتری یدک برای دستگاه
- ۱۰- شارژر استاندارد که همراه با هر دستگاه می‌باشد.
- ۱۱- سه‌راهی برق
- ۱۲- رایانه همراه
- ۱۳- کابل و نرم‌افزار تخلیه
- ۱۴- دوربین عکاسی
- ۱۵- رنگ به‌صورت اسپری
- ۱۶- یک دستگاه اندازه‌گیری مقدار نفوذپذیری مغناطیسی (کاپاسنج) (که البته در صورت همراه نداشتن می‌توان نمونه‌های سنگ را به آزمایشگاه برد و معمار نفوذپذیری مغناطیسی آن را بعداً اندازه‌گیری کرد).
- ۱۷- جی‌پی‌اس دستی در زمانی که دستگاه دارای جی‌پی‌اس نباشد. برای ثبت محل ایستگاه‌های برداشت و ارتفاع آن
- ۱۸- دفترچه و مداد برای ثبت مشاهدات بر روی زمین و مستند کردن تمام اتفاقاتی که در هنگام برداشت لازم است ثبت شود. در بعضی دستگاه‌ها می‌توان اطلاعات جانبی را هنگام برداشت به دستگاه وارد کرد.
- ۱۹- دفترچه راهنمای دستگاه نیز بایستی به همراه اکیپ بوده تا در مواقع ضروری در صورت بروز مشکل برای دستگاه بتوانند به آن مراجعه نمایند.
- ۲۰- بی‌سیم
- ۲۱- مواد خوراکی و نوشیدنی در مناطق دور
- ۲۲- جعبه کمک‌های اولیه حاوی کیت مار
- ۲۳- پرونده پروژه
- ۲۴- کپسول آتش‌نشانی برای اتومبیل

۳-۳-۲ کارکنان تخصصی

اکیپ ژئوفیزیک همان طوری که قبلاً هم آمده شامل افراد زیر می باشد:

۱- کارشناس ارشد به عنوان ناظر.

۲- کارشناس برای در تردستی

۳- تکنسین برای اندازه گیری

۴- راننده برای حمل و نقل

۵- کارگر برای حمل دستگاه

لازم است کلیه پرسنل بیمه بوده و همین طور بیمه حوادث داشته باشند.

۴-۳ نحوه محاسبه حق الزحمه

۱-۴-۳ عوامل تأثیرگذار در هزینه ها

هزینه های عملیاتی شامل موارد زیر می باشد:

۱-۱-۴-۳ نیروی انسانی

به طور معمول یک اکیپ ژئوفیزیک برای انجام برداشت داده های مغناطیس متشکل از یک کارشناس ارشد، یک کارشناس و یک تکنسین می باشد. لازم به ذکر است که حضور و فعالیت کارشناس ارشد به ازای هر ۴ روز فعالیت سایر اعضاء گروه ۱ روز می باشد. به طور کلی نیروی انسانی شامل کارشناس صحرائی (مسئول طراحی برداشت و کنترل کیفیت داده ها) و کارشناس دفتری (مسئول پردازش، تفسیر و ارائه گزارش) است.

۲-۱-۴-۳ هزینه های کارگاهی

شامل هزینه اسکان خورد و خوراک و خودرو می باشد.

۳-۱-۴-۳ دستگاه ها و تجهیزات

با توجه به کارایی و کیفیت دستگاه مغناطیس سنج و تجهیزات جانبی آن هزینه و دستگاه ها متفاوت هستند. باین حال قیمت متوسط استهلاک تجهیزات آنالیز شده و در نظر گرفته شده است.

۴-۱-۴-۳ حمل و نقل

هزینه حمل و نقل شامل محتمل و نقل به محل کارگاه و بالعکس در نظر گرفته می شود.

۲-۴-۳ بازده

به طور کلی موارد زیر در برداشت های مغناطیس موجب تغییر در راندمان می شود

۱-۲-۴-۳ توپوگرافی محدوده برداشت

این پارامتر مانند برداشت های نقشه برداری و راه سازی می تواند به توپوگرافی نشدند. تپه ماهور و هموار تقسیم شود.

۲-۲-۴-۳ چگالی شبکه برداشت

باید در نظر داشت که تعداد ایستگاه‌های برداشت در یک مصلحت معین در زمان برداشت بسیار موثر است. به‌عنوان مثال در یک برداشت با شبکه ۱۰ متری در یک هکتار ۱۲۱ ایستگاه برداشت می‌شود. در حالی که اگر همین شبکه ۵۰ متری باشد. در هر هکتار ۹ ایستگاه و در شبکه ۲۰ متری در هر هکتار ۳۶ ایستگاه برداشت خواهد شد؛ بنابراین بهتر است برای آن یک ضریب متناسب با مساحت در نظر گرفت؛ اما اعمال ضریب متناسب با مساحت عملاً غیرممکن است و لذا یک ضریب به‌صورت تجربی برای آن در نظر گرفته شده است.

۳-۴-۲-۳ آب‌وهوا و دوری از مرکز

مطابق تعرفه سازمان برنامه‌بودجه کشور برای خدمات نظارت کارگاهی در برداشت‌های معدنی می‌توان با در نظر گرفتن تعداد ایستگاه در هر هکتار. ضریبی به راندمان عملیات صحرایی به شکل زیر اعمال نمود. این ضریب برای چگالی بین ۳۰ تا ۱۰۰ ایستگاه ۱/۷۸ و برای چگالی بیش از ۱۰۰ ایستگاه در هر هکتار ۲/۱۴ در نظر گرفته شد. همچنین شرایط توپوگرافی ارائه شده در بالا نیز به‌صورت ضریب معکوس ۱/۲ برای تپه‌ماهور و ۱/۴ برای کوهستانی در جدول لحاظ شده است. در جدول شماره ۳-۲ راندمان عملیات صحرایی بر اساس ضرایب ذکر شده ارائه شده است.

جدول ۳-۲-۳- حجم برداشت‌ها در یک روز در روش مغناطیس‌سنجی

| تعداد ایستگاه در هر هکتار | دشت | تپه‌ماهور | کوهستانی |
|---------------------------|-----|-----------|----------|
| تا ۳۰ | ۱۴۰ | ۱۱۶ | ۱۰۰ |
| ۳۰-۱۰۰ | ۲۵۰ | ۲۰۸ | ۱۷۸ |
| بیش از ۱۰۰ | ۳۰۰ | ۲۵۰ | ۲۱۴ |

در برداشت‌های حساس با استفاده از مگنتومتر سزیم یا دستگاه‌های مشابه روزانه ۱۵۰ متر خطی قابل انجام است و توپوگرافی و مصلحت به علت کوچک بودن محل برداشت‌ها مطرح نخواهد بود

۳-۴-۳ ضریب شرایط مختلف اقلیمی و منطقه‌ای

ضریب منطقه‌ای برداشت‌های مغناطیس‌سنجی با توجه به ضریب منطقه‌ای سازمان برنامه‌بودجه کشور برای خدمات نظارت کارگاهی به شکل زیر در رابطه شماره ۳-۱ محاسبه می‌شود:

$$R_m = \frac{(R + 0.8)}{1.8}$$

به طوری که R_m ضریب منطقه‌ای مغناطیس‌سنجی و R ضریب سازمان برنامه و بودجه کشور برای خدمات نظارت و کارگاهی است.

جدول ۳-۳- تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش مغناطیس‌سنجی

| شماره | شرح | واحد | بها (ریال) |
|-------|--|----------|------------|
| ۱ | حق الزحمه مطالعات ژئوفیزیک به روش مغناطیس‌سنجی پروتون | اکیب روز | ۳۶,۳۱۶,۰۰۰ |
| ۲ | حق الزحمه مطالعات ژئوفیزیک به روش مغناطیس‌سنجی سزیم | اکیب روز | ۴۳,۴۶۶,۰۰۰ |
| ۳ | هزینه حمل افراد و وسایل از دفتر مشاور به کارگاه و بالعکس در جاده‌های آسفالتی | کیلومتر | ۴۶,۰۲۳ |
| ۴ | هزینه حمل افراد و وسایل از دفتر مشاور به کارگاه و بالعکس در جاده‌های خاکی | کیلومتر | ۸۱,۶۵۴ |

فصل ۴

روش لرزه‌نگاری انکساری

shaghool.ir

۴-۱ کلیات

۴-۱-۱ معرفی روش

روش لرزه‌نگاری انکساری جزو قدیمی‌ترین روش‌های لرزه‌نگاری می‌باشد که بیشتر درزمینه‌های پروژه‌های مهندسی کاربرد دارد. در صنعت اکتشاف نفت نیز جهت تعیین سرعت امواج مکانیکی و ضخامت لایه‌های سطحی از این روش استفاده می‌گردد. روش لرزه‌نگاری انکساری مبتنی بر اندازه‌گیری زمان رسید موج P از منبع انرژی لرزه‌ای به گیرنده‌های امواج لرزه‌ای یا ژئوفون‌ها می‌باشد. امواج تولیدشده از منبع انرژی لرزه‌ای از درون لایه‌های سطحی زمین عبور کرده و پس از انکسار در مرز بین لایه‌های زمین به سطح زمین بازمی‌گردند و توسط گیرنده‌های امواج لرزه‌ای ثبت می‌شوند امواج ثبت‌شده بر روی سائز موگرام‌ها توسط مفسرین داده‌های لرزه‌نگاری بررسی شده و پس از تفسیر این اطلاعات سرعت امواج مکانیکی و ضخامت لایه‌های سطحی زمین محاسبه می‌شود. البته در روش‌های پیشرفته در کارهای انکساری مانند روش‌های هاگوارا - ماسودا و روش‌های GRM می‌توان توپوگرافی لایه‌های زیرسطحی را نیز مشخص نمود. به‌طورکلی روش‌های شکست مرزی می‌توانند برای اهداف دولایه، سه لایه و بیشتر طراحی و اجرا شوند. همچنین با استفاده از این روش‌ها می‌توان لایه‌های شیب‌دار را نیز شناسایی نمود. در این دست‌ورالعمل تنها به مدل‌های دولایه‌ای سه لایه‌ای و دولایه شیب‌دار پرداخته شده است و از ذکر سایر روش‌ها که کمتر در کارهای مهندسی کاربرد دارد و از قطعیت بالایی برخوردار نمی‌باشند خودداری می‌گردد.

۵-۱-۱ حوزه‌های کاربرد

روش لرزه‌نگاری انکساری در پروژه‌های راه‌سازی مدل‌سازی تونل‌سازی، سدسازی، احداث نیروگاه و تمام پروژه‌هایی که نیاز به ارزیابی لایه‌های سطحی ساختگاه رادارند، می‌تواند کاربرد داشته باشد. روش انکساری همچنین در به دست آوردن توپوگرافی لایه‌های زیرسطحی و به دست آوردن محدوده معادن کم‌عمق نیز با ترکیب روش‌های غیر لرزه‌ای می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در اکتشاف منابع نفتی نیز از روش انکساری استفاده می‌شود. هرچند که عمق نفوذ روش انکساری کم است و مستقیماً قادر به کشف مخازن هیدروکربوری نمی‌باشد ولیکن به‌عنوان یک روش تکمیلی جهت به دست آوردن سرعت امواج مکانیکی در لایه‌های سطحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً هنگام پردازش داده‌های انعکاسی جهت اعمال تصحیحات استاتیک نیاز به سرعت امواج مکانیکی در لایه‌های سطحی است که این سرعت توسط روش‌های انکساری به دست می‌آید.

۴-۲ انجام عملیات صحرائی

معمولاً روش‌های انکساری شامل مراحل زیر می‌باشند:

- ۱- طراحی عملیات لرزه‌نگاری انکساری
- ۲- چیدمان آرایه ژئوفونی بر روی سطح زمین

- ۳- ایجاد موج در محل نقاط چشمه طراحی شده
- ۴- ثبت موج لرزه‌ای توسط دستگاه‌های گیرنده
- ۵- قرائت اولین زمان رسید موج انکساری
- ۶- رسم منحنی‌های زمان مسافت
- ۷- تفسیر منحنی‌های زمان مسافت به صورت دولایه‌ای و نه سه لایه‌ای و به دست آوردن ضخامت و سرعت امواج مکانیکی در لایه‌های اول، دوم و سرعت لایه سوم

۴-۲-۱ طراحی عملیات صحرایی و برداشت اطلاعات

۴-۲-۱-۱ الگوی خطوط پیمایش

خطوط پیمایش لرزه‌نگاری باید به صورت طراحی شوند که همواره عمود بر پدیده‌های زمین‌شناسی (مانند گسل و غیره) باشند. در این حالت، اطلاعات برداشت‌شده بیشترین تغییرات لایه‌های زمین را نشان خواهند داد. بدیهی است در صورتی که پدیده‌های زمین‌شناسی در زمین تغییر جهت داشته باشند. باید روند کلی خطوط طراحی شده عمود بر روند این پدیده‌ها و به صورت غیر موازی با یکدیگر در نظر گرفته شوند.

۴-۲-۱-۲ آرایه ژئوفونی

طراحی آرایه ژئوفونی بستگی به عمق نفوذ، موردنیاز و توانایی دستگاه‌های ثبات به کار گرفته شده در عملیات دارد. اگر اعماق کم مدنظر باشد. تعداد ژئوفون‌های کمتری بر روی زمین قرار می‌گیرد که با توجه به فواصل موجود بین گیرنده‌ها طول آرایه فعال بر روی زمین تعیین می‌شود. فواصل بین ژئوفون‌ها از ۲ متر در پی‌جویی‌های کم‌عمق و تا ۱۰ متر در پی‌جویی‌های عمیق می‌تواند تغییر نماید. همچنین اگر بررسی لایه‌های سطحی اهمیت داشته باشد، می‌توان گیرنده‌های ابتدایی را که بیشتر از لایه سطحی امواج دریافت می‌نمایند. با فواصل کمتر نصب نمود و با دور شدن از منبع انرژی فواصل بزرگ‌تری بین ژئوفون‌ها در نظر گرفت.

تعداد ژئوفون‌های در نظر گرفته شده در طراحی بستگی به حداکثر کانال‌های قابل برداشت در دستگاه‌های ثبات دارد. امروزه امکان استفاده از دستگاه‌های ۲۴، ۴۸ و ۹۶ کاناله یا بیشتر وجود دارد. باید توجه داشت که هر چه طول آرایه بیشتر می‌گردد تعداد کانال بیشتر. هرچند عمق پی‌جویی افزایش می‌یابد ولیکن با توجه به افزایش فاصله ژئوفون‌های انتهایی آرایه از منبع انرژی لرزه‌ای باید از منابع بانرژی بالاتر (مانند دینامیت) استفاده نمود و نمی‌توان از منابع بانرژی کم (مانند چکش) استفاده کرد. تعیین فاصله بین ژئوفون‌ها نیز بستگی به عمق پی‌جویی موردنیاز و حداکثر کانال‌های برداشت دارد. اگر این فاصله خیلی کم در نظر گرفته شود، عملاً طول آرایه به کاررفته در عملیات کم شده و عمق جویی کم می‌گردد و اگر این فاصله بسیار زیاد در نظر گرفته شود، به تعداد کافی پرتو موج شکسته مرزی بانرژی لازم از لایه‌های زیرسطحی به گیرنده‌ها نمی‌رسد و تعیین محل تغییر شیب منحنی‌های زمان - مسافت رسم شده با عدم قطعیت زیادی همراه می‌شود

۴-۲-۲ برداشت‌های صحرایی

تجهیزات صحرایی لازم برای برداشت اطلاعات در روش لرزه‌نگاری انکساری به شرح زیر می‌باشد:

۱- دستگاه لرزه‌نگار (ثبات)

۲- منابع انرژی

۳- گیرنده‌های امواج (ژئوفون)

۴- کابل‌های رابط

۵- دستگاه‌های ماشه

در ادامه مشخصات کلی و الزامات هریک از تجهیزات موردنیاز تشریح شده است.

۴-۲-۲-۱ دستگاه لرزه‌نگار

در عملیات لرزه‌نگاری انکساری دستگاه‌های لرزه‌نگار از مدل‌های ساده قدیمی تک کانال تا ۶،۱۲،۲۴،۴۸،۹۶ کانال و یا بیشتر می‌تواند متغیر باشد. با افزایش تعداد کانال‌ها طول آرایه چیده شده بر روی زمین افزایش پیدا می‌کند و امکان تفسیر منحنی‌های شکست مرزی در مدل‌های سه لایه‌ای و بیشتر فراهم می‌شود. در کارهای مهندسی با عمق پی‌جویی کم معمولاً از مدل‌های ساده ۲۴ کاناله استفاده می‌گردد ولیکن در کارهای مهندسی پیشرفته با اعماق پی‌جویی بیشتر معمولاً از دستگاه‌های ۹۶ کاناله استفاده می‌گردد. در هنگام برداشت داده‌های شکست مرزی باید در هر نقطه چندین بار سیگنال لرزه‌ای تولید شود و تمام سیگنال‌های ثبت شده در هر نقطه باهم جمع شوند تا هم سیگنال قوی‌تری از لایه‌های زیرسطحی به دست آید و هم نسبت سیگنال به نوفه (نویز) در عملیات افزایش پیدا کند. فرکانس گیرنده‌ها در عملیات‌های شکست مرزی بین ۸ تا ۱۴ هرتز می‌باشد و برای اهداف با عمق خیلی کم می‌توان از گیرنده‌های با فرکانس غالب کمتر نیز استفاده نمود.

۴-۲-۲-۲ منابع انرژی

در عملیات لرزه‌نگاری انکساری از انواع چکش و با مقادیر کم مواد منفجره به‌عنوان منبع انرژی لرزه‌ای استفاده می‌شود. چکش‌های مورد استفاده معمولاً پتک‌های سنگین به وزن ۷-۴ کیلوگرم می‌باشند که توسط نیروی کارگر در هر نقطه تولید انرژی بر روی زمین کوبیده می‌شوند. برای تقویت سیگنال تولید شده در هر نقطه ۳-۵ بار این تک‌بر روی زمین کوبیده می‌شود و نتایج باهم جمع می‌گردند. همچنین به‌منظور جفت‌شدگی خوب بین ضربه وارده و زمین معمولاً از یک صفحه چوبی یا فلزی در زیر تک استفاده می‌شود. عمق نفوذ موج با استفاده از چکش حداکثر تا ۳۰ متر می‌باشد.

برای افزایش عمق پی‌جویی باید موج ایجاد شده را تقویت نمود. این کار با اضافه کردن وزن چکش امکان‌پذیر است و چون نیروی کارگری نوان محدودی دارد. جهت اعماق بیشتر از انداختن وزنه ۲ استفاده می‌گردد. در این حالت یک وزنه سنگین که روی یک کامیون نصب شده است با سیستم جرثقیل به بالا کشیده می‌شود و به‌صورت ناگهانی بر روی نقطه تولید انرژی رها می‌گردد. با این روش می‌تواند انرژی بیشتری را ایجاد نمود. در این حالت از وزنه‌های ۲۲ تا ۴۵ کیلوگرم استفاده می‌گردد و عمق نفوذ انرژی تا ۱۰۰ متر می‌باشد. همچنین نوع خاصی از این نوع منابع انرژی نیز طراحی شده است که وزنه‌ای به وزن

۲۰۰۰ کیلوگرم را تا ارتفاع ۴ متر بالابرده و بر روی زمین رها می‌نماید. این منبع در کارهای مهندسی کمتر کاربرد دارد.

علاوه بر موارد یادشده از منابع انرژی انفجاری نیز در کارهای انکساری (خصوصاً در عملیات اکتشاف نفت) استفاده می‌گردد. در این حالت معمولاً دینامیت به وزن کمتر از نیم کیلو را در عمق ۱-۲ متری زمین مدفون نموده و توسط یک چاشنی آن را منفجر می‌نمایند. موج حاصل از این انفجار قابلیت نفوذ به عمق ۱۰۰ متری زمین را داشته و برای افزایش عمق پی‌جویی و به کار بردن آرایه‌های طولانی نره می‌توان وزن دینامیت را به بالای نیم کیلوگرم افزایش داد. در این صورت باید در نظر داشت که با افزایش وزن دینامیت. جهت حفظ مسائل ایمنی لازم است عمق دفن دینامیت را نیز به بیش از ۲ متر افزایش داد

۴-۲-۲-۳ گیرنده‌های امواج

در کارهای لرزه‌نگاری انکساری معمولاً از انواع مختلف ژئوفون جهت ثبت امواج لرزه‌ی استفاده می‌شود اما باید در انتخاب نوع گیرنده‌ها به نوع منطقه برداشت داده از نظر خشک یا مرطوب بودن توجه نمود. اگر منطقه عملیاتی مرطوب باشد باید از گیرنده‌هایی استفاده شود که ضد آب بوده و قابلیت نفوذ آب به درون ژئوفون و اتصالات آن وجود نداشته باشد. همچنین فرکانس غالب ژئوفون و عمق پی‌جویی و فرکانس غالب ناحیه باید مدنظر قرار گیرد. این فرکانس‌ها باید با یکدیگر تطابق داشته باشند تا پاسخ لرزه‌ای دریافت شده از عملیات، حداکثر گردد. اگر فرکانس طبیعی گیرنده‌ها با فرکانس غالب منبع انرژی یکسان نباشد پاسخ خوبی از شات‌های انجام‌شده در لرزه‌نگارها ثبت نمی‌گردد.

۴-۲-۲-۴ کابل‌های رابط

کابل‌های رابط وظیفه انتقال سیگنال ثبت‌شده توسط گیرنده‌ها به دستگاه ثبت را دارند. این کابل‌ها باید مطابق با حداکثر کانال قابل ثبت توسط دستگاه ثبت انتخاب شوند تا بتوان حداکثر طول آرایه ژئوفونی را بر روی زمین مستقر نمود و عملیات را با حداکثر عمق نفوذ، ممکن برداشت کرد. مسئله مهم دیگر در مورد کابل‌های رابط، ضد آب بودن کابل و کانکتورهای موجود بر روی آن‌ها است. در نواحی مرطوب و آبدار در صورتی که بافه‌ها و اتصالات موجود بر روی آن‌ها ضد آب نباشند. هنگام ثبت داده. نشتی جریان ایجادشده و درنهایت باعث ایجاد نویز در فرآیند ثبت اطلاعات می‌شود.

۴-۲-۲-۵ سیستم‌های ماشه

در کارهای لرزه‌نگاری هم‌زمانی شات (تولید انرژی) و شروع ثبت اطلاعات از اهمیت به‌سزایی برخوردار است چراکه موقعیت کلیه پدیده‌های زیرسطحی بر اساس زمان ثبت پدیده سنجیده می‌شود. به همین دلیل در کارهای انکساری برای ایجاد هم‌زمانی از یک کلید مکانیکی با ماشه بر روی دسته چکش یا یک سیستم پیزو الکتریک در دسته انفجاری استفاده می‌شود.

۴-۲-۳ پردازش و تفسیر اطلاعات

پس از ثبت سیگنالها مرحله مهم بعدی استخراج مقادیر صحیح اولین زمان رسیدها می باشد. این زمان توسط مفسر به صورت دستی یا توسط نرم افزار به صورت اتوماتیک خوانده می شود. با توجه به اینکه احتمال وجود خطا در قرائت اتوماتیک اولین زمان رسیدها به دلیل نوفه نویز وجود دارد. باید پس از قرائت، موارد خطا به صورت دستی تصحیح گردد. پس از تعیین اولین زمان رسید موج از لایه های عمقی زمین نمودار زمان رسید موج رسم می شود، در هر گراف رسم شده دقیقاً نقطه تغییر منحنی ها تعیین می شود. این مرحله از کار مهم ترین قسمت کار تفسیر منحنی های شکسته مرزی می باشد. چراکه اگر نقطه تغییر شیب منحنی های شکسته مرزی با دقت تعیین نگردند. می تواند بر روی محاسبه سرعت امواج مکانیکی در لایه ها و متعاقباً تعیین ضخامت و عمق لایه ها تأثیر به سزایی داشته باشد.

پس از به دست آمدن اولین زمان رسید تمامی گیرنده های جدول زمان رسید بر حسب فاصله گیرنده ها تهیه می شود سپس اعداد این جدول بر روی کاغذهای میلی متری با در نرم افزار به صورت منحنی های زمان مسافت رسم شده و تفسیر می شوند. در اکثر موارد بر اساس منحنی های زمان مسافت. امکان تفسیر دولایه افقی سه لایه افقی و یا دولایه شیب دار وجود دارد. هر چند که با دقت کمتر می توان این تفسیر را در لایه های چهارم و بیشتر نیز انجام داد. ولیکن روش های دولایه ای و سه لایه ای مرسوم ترین روش ها می باشند.

به طور کلی تفسیر اطلاعات به روش های زیر انجام می گردد:

۱- روش زمان تقاطع

۲- روش GRM

۴-۲-۴ الزامات نرم افزارهای پردازش داده

اطلاعات عملیات لرزه نگاری انکساری در دستگاه های ثبت با فرمت SEG2، SEG Y یا فرمت های دیگری ثبت می شوند. اطلاعات باید قابل تبدیل به فرمت های دیگری و همچنین قابل خواندن در نرم افزارهایی چون Unix Seismic باشند. نرم افزارهای پردازشی باید داروها را به سیگنال های لرزه ای تبدیل نمایند و علاوه بر نمایش روی مانیتور و چاپ روی کاغذ. باید امکان گرفتن خروجی در قالب SEG Y و ASCII نیز وجود داشته باشد تا بتوان اطلاعات را به صورت دستی یا با نرم افزارهای مربوطه تفسیر نمود. تعداد کمی از نرم افزارها، از جمله Seismo و SeisImager می توانند کار پردازش اطلاعات عملیات انکساری را انجام دهند. معمولاً این نرم افزارها بر روی دستگاه های لرزه نگار وجود داشته و یا شرکت های سازنده دستگاه و نرم افزارهای مرتبط را در کنار دستگاه های سخت افزاری ارائه می نمایند.

معمولاً دستگاه‌های ثابت لرزه‌نگاری بر روی خود سیستم پردازش و خروجی گرفتن اطلاعات را نیز دارند. در این صورت با تنظیم پارامترهای پردازشی، اطلاعات انکساری ثبت‌شده در حین عملیات هم به‌صورت دیجیتال بر روی حافظه دستگاه و هم به‌صورت آنالوگ بر روی کاغذ قابل دریافت می‌باشد. فقط باید دقت شود که حداکثر دامنه ثبت دستگاه طوری تنظیم شود که سیگنال‌های ثبت‌شده و خروجی گرفته‌شده در هنگام نمایش دچار بریدگی دامنه نگردند

نحوه نگارش گزارش در پیوست ۱ آمده است.

۴-۳ مشخصات کادر فنی و تجهیزات

۴-۳-۱ مشخصات فنی دستگاه‌ها و تجهیزات

۴-۳-۱-۱ مشخصات فنی مهم در دستگاه‌های لرزه‌نگاری انکساری

دستگاه‌های لرزه‌نگاری انکساری مشخصات فنی مختلفی دارند که مهم‌ترین آن‌ها برای انتخاب دستگاه عبارت‌اند از:

- حداکثر کانال‌های قابل برداشت:

از جمله مشخصات فنی مهم در دستگاه‌های لرزه‌نگاری انکساری، حداکثر کانال‌های برداشت می‌باشد که در هر دستگاه با توجه به مشخصات فنی دستگاه متفاوت است. با توجه به مقدار کانال موردنیاز می‌توان نوع دستگاه موردنظر را انتخاب نمود. دستگاه‌های با تعداد کانال برداشت بیشتر از توانایی بیشتری جهت ثبت داده‌ها برخوردار می‌باشند.

- ظرفیت حافظه داخلی و خارجی دستگاه (Ram-Hard)

مقدار ظرفیت حافظه داخلی و خارجی دستگاه از پارامترهای مهم دستگاه‌های لرزه‌نگاری انکساری می‌باشد زیرا هر چه حافظه داخلی دستگاه (Ram) بیشتر باشد، توانایی و سرعت دستگاه در اجرا کردن نرم‌افزارهای ثبت و پردازش داده‌ها در دستگاه بیشتر است و هر چه حافظه خارجی (Hard) بیشتر باشد، دستگاه توانایی ثبت حجم بیشتری از داده را بدون نیاز به تخلیه اطلاعات خواهد داشت

- وجود پالایه‌های مختلف فرکانسی جهت نمایش خروجی داده‌های ثبت‌شده:

وجود پالایه‌های مختلف در دستگاه می‌تواند به کاربر این امکان را بدهد که پس از ثبت داده‌ها، اطلاعات را با اعمال پالایه‌های مناسب با نویز کمتری بر روی مانیتور دستگاه مشاهده نماید.

- محدوده دینامیکی دستگاه:

محدوده دینامیکی دستگاه بیانگر توانایی ثبت دامنه‌های مختلف امواج است. در کارهای انکساری هرچه اعماق کمتری مدنظر باشد باید سیستم ثبات توانایی ثبت دامنه‌های بالاتر را داشته باشد.

- وجود دستگاه‌های آنالوگ به دیجیتال (A/D)

وجود دستگاه‌های آنالوگ به دیجیتال با آن جهت ثبت دام‌های دیجیتال در دستگاه‌های لرزه‌نگاری انکساری مهم می‌باشند.

- نوع سیستم عامل نرم افزار دستگاه:

سیستم عامل دستگاه‌های لرزه‌نگاری انکساری نیز از مشخصات دیگر دستگاه‌های لرزه‌نگاری است. دستگاه‌های عامل Unix, Windows و Linux از مرسوم‌ترین دستگاه‌های عامل دستگاه‌های لرزه‌نگاری می‌باشند.

- فرمت داده ثبت شده توسط دستگاه لرزه‌نگاری انکساری:

داده‌های لرزه‌نگاری با فرمت‌های SegB ، SegY و SegD می‌توانند ثبت شوند. متداول‌ترین نوع فرمت در دستگاه‌های لرزه‌نگاری انکساری فرمت SegY می‌باشد.

- وجود دستگاه‌های مختصات یابی یا GPS

دستگاه‌های لرزه‌نگاری انکساری باید یک سیستم مختصات یابی ماهواره‌ای با GPS بر روی خود داشته باشند که بتواند مختصات گیرنده‌ها و شات‌ها را در حین عملیات ثبت نمایند.

- وجود دستگاه‌های Trigger:

دستگاه‌های Trigger با ماشه در اصل یک المان می‌باشد که بر اساس خاصیت پیزو الکتریک و یا سوئیچ‌های مکانیکی شروع زمان انفجار را لمس نموده و دستگاه شروع به ثبت داده‌های لرزه‌ای می‌نماید.

- کابل‌های رابط و ژئوفون‌ها:

کابل‌های رابط باید توانایی ثبت حداکثر کانال برداشت را داشته باشند. ژئوفون‌ها نیز باید فرکانس با عمق برداشت داشته باشند که از ۱۰ هرتز تا ۱۰۰ هرتز می‌توانند تغییر نمایند.

۴-۳-۱-۲ حداقل مشخصات دستگاه لرزه‌نگاری قابل قبول

حداقل مشخصات زیر برای انتخاب دستگاه لرزه‌نگاری مورد نیاز است:

- حداقل ۲۴ کانال برداشت

- حداقل حافظه داخلی (RAM) 1GB

- حداقل حافظه خارجی (HARD) 50GB

۴-۳-۲ مشخصات کادر فنی انجام خدمات

در یک نیم عملیات انکساری حداقل به افراد زیر نیاز است:

- ۱- یک نفر کارشناس ارشد (با ۱۰ سال سابقه)
- ۲- یک نفر کارشناس صحرایی (با ۵ سال سابقه)
- ۳- یک نفر تکنسین صحرایی (با ۳ سال سابقه)
- ۴- یک نفر کارگر ساده
- ۵- کارشناس دفتری (پردازش، تفسیر و ارائه گزارش)

۴-۳-۲-۱ کارشناس ارشد

کارشناس ارشد پروژه باید حداقل دارای مدرک کارشناسی ارشد رشته‌های ژئوفیزیک، معدن یا زمین‌شناسی بوده و مسابقه بیش از ۱۰ سال در کارهای عملیاتی صحرایی داشته و همچنین سابقه کار در عملیات انکساری را نیز داشته باشد. این کارشناس باید به کار با دستگاه‌های لرزه‌نگاری مسلط بوده و توانایی بازخوانی و تفسیر منحنی‌های عملیات انکساری را هم به صورت دستی و هم با نرم‌افزارهای مربوطه داشته باشد. به علاوه توانایی مدیریتی بالا جهت برنامه‌ریزی عملیات نیز نیاز است.

۴-۳-۲ کارشناس صحرایی

کارشناس صحرایی پروژه باید حداقل دارای مدرک کارشناسی ارشد ژئوفیزیک یا کارشناس با کارشناسی ارشد رشته‌های معدن و یا زمین‌شناسی بوده و حداقل دارای ۵ سال سابقه کار در نواحی عملیاتی باشد و به کار با دستگاه‌های لرزه‌نگاری آشنا بوده و توانایی پردازش و تفسیر معلماتی داده‌ها را داشته باشد.

۴-۳-۳ تکنسین صحرایی

تکنسین صحرایی پروژه باید حداقل دیپلم با تجربه کافی کار صحرایی یا دارای مدرک کاردانی در رشته‌های مرتبط با زمین‌شناسی بوده و تجربه کافی کارهای صحرایی را داشته باشد و با چیدمان ژئوفون در عملیات انکساری و نحوه انجام عملیات انکساری آشنا باشد.

۴-۳-۴ کارگر ساده

کارگر ساده باید توانایی خواندن شماره ایستگاه‌ها را داشته باشد و از نظر بدنی از قابلیت جسمانی مناسب جهت فعالیت‌های صحرایی برخوردار بوده و امکان اقامت شبانه در محل عملیاتی به‌عنوان نگهبان را داشته باشد همچنین با توجه به تخصصی بودن کار بایستی قابلیت آموزش پذیری جهت انجام کارهای مربوطه را داشته باشد.

۴-۳-۲-۵ کارشناس دفتری

کارشناس دفتری پروژه باید حداقل کارشناس مهندسی معدن یا زمین‌شناسی باشد. وظیفه این کارشناس نهمیه گزارش‌های فنی عملیات می‌باشد. لازم به ذکر است که کلیه افراد شرکت‌کننده در عملیات بایستی از بیمه‌های مشاغل عملیاتی برخوردار باشند.

۴-۳-۳-۳ چک لیست وسایل و کارکنان

۴-۳-۳-۱ تجهیزات مورد نیاز عملیات لرزه‌نگاری انکساری

در یک عملیات لرزه‌نگاری انکساری تجهیزات زیر باید جهت شروع عملیات آماده باشد:

- ۱- دستگاه ثبات (دستگاه لرزه‌نگاری)
- ۲- گیرنده‌ها (ژئوفون)
- ۳- حافظه‌های خارجی به میزان مناسب
- ۴- کابل‌های رابط
- ۵- دینامیت (در مواردی که چشمه انرژی دینامیت می‌باشد)
- ۶- پتک سنگین (در مواردی که چشمه انرژی ضربه‌ای می‌باشد)
- ۷- یک تکه الوار (در مواردی که چشمه انرژی تک سنگین می‌باشد)
- ۸- دستگاه حفاری سبک (در مواردی که از چشمه دینامیتی در عمق استفاده می‌گردد)
- ۹- بیل و کلنگ (جهت پر کردن چاله‌ها یا حفاری کم‌عمق در حالتی که انفجارات سطحی انجام می‌گردد)
- ۱۰- چاشنی انفجاری (به تعداد کافی)
- ۱۱- دسته انفجاری (جهت صدور فرمان انفجار دینامیت)
- ۱۲- باتری‌های دستگاه شارژ شده و به تعداد کافی جهت کار در طول روز
- ۱۳- یک دستگاه لپ‌تاپ
- ۱۴- تجهیزات بی‌سیم و ارتباطی گروه
- ۱۵- ماشین مناسب با سوخت کافی جهت حمل و نقل در ناحیه عملیاتی به تعداد کافی
- ۱۶- تجهیزات ایمنی شامل لباس و کفش کار و دستکش و کلاه ایمنی به تعداد نفرات
- ۱۷- غذا و آب جهت نفرات گروه به میزان کافی

ماشین مناسب جهت انجام عملیات انکساری یک ماشین قوی جهت حمل و نقل در شیب معمولی و متوسط جاده‌های کوهستانی بوده که دارای فضای مناسب جهت حمل و نقل دستگاه‌های لرزه‌نگاری کابل و ژئوفون‌ها به تعداد مناسب باشد.

۴-۳-۲ چک لیست کارکنان

در یک عملیات لرزه‌نگاری انکساری افراد زیر مورد نیاز می‌باشند:

- ۱- یک نفر کارشناس ارشد (با ۱۰ سال سابقه)
- ۲- یک نفر کارشناس صحرایی (با ۵ سال سابقه)
- ۳- یک نفر تکنسین صحرایی (با ۳ سال سابقه)
- ۴- یک نفر کارگر ساده
- ۵- راننده به تعداد ماشین‌های مورد نیاز عملیات
- ۶- کارشناس دفتری پردازش، تفسیر و ارائه گزارش

۴-۴ نحوه محاسبه حق الزحمه

۴-۴-۱ عوامل تأثیرگذار در هزینه‌ها

قیمت دستگاه‌های لرزه‌نگاری ۲۴ کاناله و تجهیزات مربوط با کیفیت مناسب در حدود ۱۰۰۰۰۰۰ دلار می‌باشد. هرچند عمر متوسط دستگاه‌ها در صورت ضربه نخوردن ۱۰ سال می‌باشد ولیکن معمولاً پس از ۱۰ سال نیز قابل استفاده می‌باشند اما سیستم آن‌ها قدیمی شده و نیاز به تعویض پیدا می‌کنند. علاوه بر هزینه تجهیزات، در عملیات انکساری عوامل مختلفی بر برآورد هزینه عملیات تأثیر دارند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره داشت:

۴-۴-۱-۱ عوامل طبیعی

عوامل طبیعی که مهم‌ترین آن توپوگرافی سطحی می‌باشد. هرچه توپوگرافی سطحی شدیدتر باشد جابجایی نفرت و تجهیزات مشکل‌تر بوده و این جابجایی نفرت و تجهیزات در محیط‌های کوهستانی باعث طولانی‌تر شدن زمان پروژه و متعاقباً اضافه شدن هزینه عملیات می‌گردد.

نسل چهارم: روش مرز نگاری انکساری

۴-۴-۱-۲ موقعیت محل عملیات

دوری و نزدیکی به مراکز شهری نیز بر روی هزینه تمام شده عملیات انکساری تأثیرگذار است. هرچه محل انجام عملیات دور از مراکز شهری باشد هزینه انجام عملیات بیشتر می گردد

۴-۴-۱-۳ اقامت گروه

هزینه اقامت نفرات نیم برداشت داده و هزینه غذا و ایاب و ذهاب نفرات نیم بایستی در نظر گرفته شود که قاعدتاً هرچه تعداد روزهای عملیاتی بیشتر باشد این هزینه ها افزایش پیدا می کند.

۴-۴-۱-۴ تعداد کانال های برداشت

عامل موثر بعدی در هزینه تمام نشده عملیات انکساری تعداد کانال های برداشت می باشد که هرچه تعداد کانال ها بیشتر باشد هزینه برداشت پروفیل های انکساری بیشتر می گردد. لازم به ذکر است که تعداد کانال های برداشت بر روی طولانی شدن زمان پروژه تأثیر می گذارد و بر روی هزینه روزانه برداشت تأثیری ندارد

۴-۴-۱-۵ نیروی کارشناسی کارآمد

عامل موثر بعدی در تعیین هزینه ای عملیاتی وجود نیروی کارشناسی کارآمد می باشد که اگر شخص باتجربه در کار ثبت و پردازش و تفسیر داده های انکساری به کار گرفته شود. هزینه تمام شده پروژه بیشتر می گردد که در محاسبات هزینه عملیات انکساری حداقل استاندارد مورد قبول مدنظر قرار گرفته است

۴-۴-۲ بازده

بازده این روش بستگی به نوع عملیات از نظر تعداد کانال و نوع توپوگرافی منطقه دارد. تعداد کانال های برداشت به صورت متعارف می تواند ۲۴، ۴۸ و ۹۶ کانال انتخاب شود و نوع توپوگرافی نیز در سه نوع دشت، تپه ماهور و کوهستان تقسیم بندی می گردد. در جدول ۴-۱ بازده گروه عملیاتی بر حسب تعداد پروفیل قابل برداشت در روز برای هریک از در شرایط فوق ارائه شده است.

جدول ۴-۱- بازده گروه در عملیات‌های انکساری ۲۴، ۴۸ و ۹۶ کاناله در توپوگرافی‌های دشت، تپه‌ماهور و کوهستان

| نوع توپوگرافی | | | تعداد شات | تعداد کانال برداشت |
|--|--|----------------------------------|-----------|--------------------|
| کوهستان (ضریب ۰.۸) پروفیل در روز | تپه‌ماهور (ضریب ۰.۹) پروفیل در روز | دشت (ضریب ۱) پروفیل در روز | | |
| ۱.۳۳ | ۱.۴۹ | ۱.۶۶ | ۳ | ۲۴ |
| ۰.۸۰ | ۰.۹۰ | ۱.۰۰ | ۵ | |
| ۰.۵۷ | ۰.۶۴ | ۰.۷۱ | ۷ | |

| نوع توپوگرافی | | | تعداد شات | تعداد کانال برداشت |
|--|--|----------------------------------|-----------|--------------------|
| کوهستان (ضریب ۰.۸) پروفیل در روز | تپه‌ماهور (ضریب ۰.۹) پروفیل در روز | دشت (ضریب ۱) پروفیل در روز | | |
| ۰.۶۶ | ۰.۷۵ | ۰.۸۳ | ۳ | ۴۸ |
| ۰.۴۰ | ۰.۴۵ | ۰.۵۰ | ۵ | |
| ۰.۲۹ | ۰.۳۲ | ۰.۳۶ | ۷ | |
| ۰.۳۳ | ۰.۳۷ | ۰.۴۱ | ۳ | ۹۶ |
| ۰.۲۰ | ۰.۲۳ | ۰.۲۵ | ۵ | |
| ۰.۱۴ | ۰.۱۶ | ۰.۱۸ | ۷ | |

۴-۴-۳ ضریب شرایط مختلف اقلیمی و منطقه‌ای:

مناطق مختلف کشور از نظر آب و هوایی و دسترسی به امکانات شهری نظیر جاده و امکانات رفاهی و زیرساخت‌ها و شرایط اجتماعی و امنیتی بسیار متفاوت می‌باشند. برای روش‌های مختلف ژئوفیزیک تأثیر این ضریب می‌تواند متفاوت باشد؛ مثلاً برای روش‌هایی که دستگاه‌ها و تجهیزات بیشتر و سنگین‌تر و گران‌تری دارند و پرسنل موردنیاز از نظر کیفی و کمی در حد بالاتری می‌باشند عدد به‌کاربرده شده در فرمول عدد کوچک‌تری خواهد بود که منجر به خروجی بزرگ‌تری می‌شود. برای روش لرز منگاری انکساری ضریب منطقه‌ای به شکل رابطه (۴-۱) تعریف می‌شود:

(1-4)

$$Rr = \frac{(R+0.7)}{1.7}$$

که در آن R ضریب منطقه‌ای حقوق عوامل نظارت کارگاهی اعلام شده برای مناطق مختلف کشور توسط سازمان برنامه و بودجه کشور می‌باشد. به هر حال ضریب منطقه‌ای به دست آمده کوچک تر یا مساوی R خواهد بود

۴-۴-۴ تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش لرزه‌نگاری انکساری

جدول ۲-۴ تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش لرزه‌نگاری انکساری

| شماره | شرح | واحد | بها (ریال) |
|-------|--|----------|------------|
| ۱ | حق الزحمه مطالعات ژئوفیزیک به روش لرزه‌نگاری انکساری | اکیپ روز | ۶۵۲۴۰۰۰۰ |
| ۲ | هزینه حمل افراد و وسایل از دفتر مشاور به کارگاه و بالعکس در جاده‌های آسفالتی | کیلومتر | ۵۰۸۱۲ |
| ۳ | هزینه حمل افراد و وسایل از دفتر مشاور به کارگاه و بالعکس در جاده‌های خاکی | کیلومتر | ۹۰۱۵۰ |



فصل ۵

روش گرانی سنجی

shaghool.ir

۵-۱ کلیات

۵-۱-۱ معرفی روش

جاذبه بین جرم‌ها یکی از نیروهای طبیعی است که نیروی گرانش نامیده می‌شود. گرانی منجی از قرن هفتم در مطالعات ژئودزی کاربرد داشته و با پیشرفت‌های اخیر به روش ژئوفیزیک اکتشافی تبدیل شده است که مبتنی بر ثبت تغییرات حاصل از تغییرات جانبی چگالی زیر سطح زمین است. در این روش، تغییرات نسبی شتاب در نقاطی که معمولاً به صورت خط و شبکه طراحی می‌شوند. توسط دستگاه‌هایی با توانایی اندازه‌گیری در حد دقت میلی و میکروگال ثبت می‌گردد. جاذبه گرانشی یک ماده با چگالی غیریکنواخت. از یک نقطه به نقطه دیگر تغییر می‌کند؛ بنابراین اندازه‌گیری تغییرات شتاب گرانشی در نقاط مختلف. اطلاعات بارزشی از زمین زیرسطحی فراهم می‌آورد که با مدل‌سازی، اعمال فیلتر و انجام پردازش‌های خاص بر روی این اطلاعات، نقشه‌هایی تولید می‌شود که از آن‌ها در تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی، شناسایی موقعیت خطواره‌های گسلی، گنبد‌های نمکی مدفون و حفره‌های زیرسطحی استفاده می‌شود.

۵-۱-۲ حوزه‌های کاربرد

این روش در بسیاری از موضوع‌های مطالعاتی، تحقیقاتی و اکتشافی شامل تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی ناحیه-ای اکتشافات نفت و معادن مطالعات ژئوتکنیک باستان‌شناسی، آب‌های زیرزمینی، محیط‌زیست. نکتونیک، آتش‌فشان‌ها و همچنین مطالعات زمین‌گرایی (ژئوترمال) کاربرد دارد.

- تهیه نقشه زمین‌شناسی ناحیه‌ای:

پیمایش گرانی سنجی برای تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی ناحیه‌ای در شبکه‌ای با فواصل ایستگاهی ۵ تا ۱۰ کیلومتر انجام می‌شود. دقت اندازه‌گیری محدود به دقت در اندازه‌گیری توپوگرافی است که معمولاً با دقت اندازه‌گیری ۱ تا ۲ متر، دقت گرانی سنجی $\pm 0,2$ تا $\pm 0,4$ میلی‌گال است. گرانی سنجی با دقت 0/01 میلی‌گال بیش‌ازحد انتظار برای این منظور مناسب هستند. تهیه چنین نقشه‌ای اطلاعاتی از حدود سازنده‌ای زمین‌شناسی بر اساس توزیع سنگ‌های غالب. تکتونیک و حدود ضخامت پوسته زمین ارائه می‌دهد. ابعاد پدیده‌های قابل تشخیص در چنین پیمایشی در حدود ۲۰ کیلومتر است.

- اکتشاف منابع هیدروکربوری:

هدف از نمایش گرانی سنجی در اکتشاف منابع هیدروکربوری، تهیه نقشه حوضه رسوبی و پدیده‌های نکتونیک است. فاصله ایستگاه‌ها بر اساس ابعاد ساختارهای هدف تعیین می‌شود. برای مطالعه نامی حوضه رسوبی فاصله ۲ تا ۵ کیلومتر برای ایستگاه‌های اندازه‌گیری مناسب است. برای مطالعه یک گنبد نمکی با ساختار حاصل از گسل فاصله ایستگاهی ۱۰۰ تا ۵۰۰ متر مناسب خواهد بود. مطالعات تفصیلی اکتشاف

هیدروکربوری در مقایسه با مطالعات ناحیه‌ای نیاز به نگرانی سنج‌های دقیق‌تری دارد؛ بنابراین دستگاه گرانی‌سنج با قدرت تفکیک ۱ میکروگال و دقت ۵ میکروگال برای این منظور مناسب است. برای رسیدن به این هدف برداشت ارتفاعی با دقت ± 2 سانتی‌متر موردنیاز است.

- اکتشاف معادن

پیمایش گرانی‌سنجی در معادن به منظور می‌بردن به اطلاعات اولیه زمین‌شناختی سنگ میزبان پدیده‌های تکتونیکی کنترل‌کننده و شاخص مستقیم برای حضور ماده معدنی در نهشته‌ها استفاده می‌شود. اگر ماده معدنی هدف تباین چگالی زیادی با ماده دربرگیرنده (سنگ میزبان) داشته باشد. تغییر اثر گرانی آن به خوبی در اندازه‌گیری‌ها آشکار می‌گردد. از آنجایی که اهداف اکتشافات معدنی معمولاً از چند صد متر بیشتر نیست. فاصله‌های ایستگاه‌های برداشت معمولاً ۱۰ تا ۳۰ متر است. برای چنین پیمایشی دستگاهی با قدرت تفکیک ۱ میکروگال و دقت نسبی ۵ میکروگال و دقت برداشت ارتفاعی ± 2 سانتی‌متر برای ایستگاه موردنیاز است.

- مطالعات ژئوتکنیکی، باستان‌شناسی، زمین‌گرمایی و آب‌های زیرزمینی

پیمایش گرانی‌سنجی برای مطالعه ژئوتکنیک و باستان‌شناسی شامل مشخص نمودن محل حفره‌ها و کارست‌های زیرزمینی، تونل‌های قدیمی معدن‌کاری (اگرچه با آب یا رس پر شده باشد) یا حفره‌های باستانی، تغییرات روباره در مناطق شهری پدیده‌های تکتونیکی (گسل‌ها و زون‌های برشی). بررسی زیرسازی مسیرهای راه‌آهن و مطالعه آبخوان‌ها و سفره‌های آبی زیرزمینی است. در چنین مطالعاتی فواصل ایستگاهی ۲۵ تا ۵۰ متر است در مطالعه تفصیلی فاصله برداشت به ۳ متر هم می‌رسد. در مطالعات تکتونیکی و زمین‌گرمایی به منظور ثبت تغییرات. تناوبی از برداشت‌ها در ایستگاه‌های برداشت دائمی انجام می‌شود.

۵-۲ انجام عملیات صحرائی و برداشت اطلاعات

مراحل مختلف مطالعات گرانی‌سنجی به شرح زیر است:

- ۱- مطالعه اطلاعات موجود و انتخاب روش
- ۲- طراحی پیمایش
- ۳- انتخاب نقطه مبنا در نزدیکی محل استقرار گروه عملیاتی و ایجاد سکوی سیمانی
- ۴- انتقال نقطه گرانی مطلق از نزدیک‌ترین نقطه شبکه کشوری به نقطه مبنا (در صورت نیاز)
- ۵- کالیبراسیون ایستایی
- ۶- کالیبراسیون دینامیکی
- ۷- برداشت داده‌ها در موقعیت ایستگاه‌های طراحی شده
- ۸- برداشت پروفیل نتلتون
- ۹- نمونه‌برداری

۱۰- کنترل کیفی داده‌های برداشت‌شده

۱۱- اندازه‌گیری چگالی بر اساس نمونه‌ها و تخمین آن توسط روش نتلتون

۱۲- پردازش داده‌ها به‌منظور محاسبه بی‌هنجاری بوگه

۱۳- تفسیر اطلاعات (شامل تفسیر کیفی و کمی)

۱۴- مدل‌سازی

۵-۲-۱ طراحی عملیات صحرایی

با توجه به موارد کاربرد این روش دقت اندازه‌گیری نیز متفاوت است. انتخاب هدف مطالعه که در قسمت قبل توضیح داده شد. طراحی نمایش و نوع دستگاه را تعیین می‌کند. این دستورالعمل به مطالعه با روش گرانی سنجی در خشکی می‌پردازد. به‌منظور امکان‌سنجی، طراحی و برنامه‌ریزی انجام مطالعات به روش گرانی سنجی، ابتدا گردآوری اطلاعات شامل نقشه‌های توپوگرافی زمین‌شناسی. گمانه‌های حفاری‌شده و نگاره‌های درون‌چاهی چگالی واحدهای سنگی موجود در ناحیه و داده‌های ژئوفیزیکی قدیمی موجود، انجام می‌شود.

با توجه به این‌که اندازه‌گیری گرانی سنجی یک نقطه بر اساس اصل برهم‌نهش پتانسیل حاصل پاسخ گرانشی مواد موجود در زیر سطح است؛ بنابراین برای مطالعه پدیده‌های مختلف با گسترشی عمقی و افقی ابعاد مناسبی از شبکه اندازه‌گیری نقاط طراحی می‌گردد. طراحی باید به‌گونه‌ای باشد که حداقل سه‌نقطه بر روی یک آنومالی قرار بگیرد شبکه نقاط شامل پروفیل‌ها و یا خطوطی از ایستگاه‌ها است که بافاصله مشخصی در امتداد خطوط طراحی می‌شوند و این خطوط نیز دارای فاصله جانبی معینی هستند. در صورت مشخص بودن امتداد گسترش پدیده‌ها در ناحیه مورد مطالعه، خطوط شامل ایستگاه‌ها به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که عمود بر محور امتدادی این پدیده باشند. چراکه تغییرات جانبی چگالی و در نتیجه آن تغییرات شتاب گرانشی در این راستا بهتر قابل ثبت و مشاهده است. اگر سطح از آبرفت یا رسوبات عهد حاضر پوشیده شده باشد. تشخیص روند پدیده‌های زمین‌شناختی زیرسطحی با شبکه‌ای از نقاط با تراکم کمتر (فواصل ایستگاهی بیشتر) انجام می‌شود و سپس اقدام به برداشت شبکه‌ای با فواصل ایستگاهی متراکم در می‌گردد.

مقادیر قرائت‌شده در ایستگاه‌های گرانی سنجی نسبی هستند؛ یعنی هر ایستگاه تغییرات شتاب نسبت به نقطه قرائت‌شده قبلی را اندازه‌گیری می‌نماید؛ بنابراین قبل از شروع هر پیمایشی لازم است تا نقطه‌ای به‌عنوان ایستگاه مبنا که دارای گرانی مطلق است به محدوده پیمایش منتقل شود. این نقطه، تعمیم مقدار مطلق گرانی سنجی را به ایستگاه‌های قرائت‌شده میسر می‌کند. همچنین تغییر ارتفاع نیز تأثیر زیادی در تغییر گرانی دارد؛ بنابراین دقیق‌تر شدن دستگاه‌های اندازه‌گیری نیازمند افزایش دقت ارتفاع سنجی نیز می‌باشد.

۵-۲-۱-۱ ایستگاه‌های دارای گرانی مطلق

در تمامی کشورها ایستگاه‌هایی با مقدار گرانی مطلق ثبت‌شده وجود دارد که هر ساله به تعداد آن‌ها اضافه می‌شود مقادیر گرانی مطلق این نقاط با دقتی کمتر از ۱۰ میکرو گال ثبت‌شده است. این ایستگاه‌ها توسط بلوکه‌ای سیمانی جانمایی شده‌اند و دارای شناسنامه هستند. شبکه ملی از ایستگاه‌های گرانی با فواصل زیاد را ایستگاه‌های درجه ۱ می‌نامند. ایستگاه‌های با فواصل ۵ تا ۱۰ کیلومتر درجه دوم و ایستگاه‌های بافاصله کمتر

۱) تا ۲ کیلومتر). ایستگاه‌های درجه دوم نام دارند. دقت بالای مقادیر مربوط به این ایستگاه‌ها با انجام تکرار قرائت‌ها در موقعیت دقیق آن‌ها در یک فرآیند رفت و برگشتی تامین می‌شود.

۵-۲-۱-۲ دقت ارتفاعی و مکانی

استانداردهای مختلفی برای دقت اندازه‌گیری نمایش‌های گرانی سنجی با اهداف متفاوت وجود دارد؛ بنابراین دقت اندازه‌گیری مختصات مسطحاتی و ارتفاعی نیز دارای استانداردهایی است.

- دقت ارتفاعی

در صورت تامین دقت اندازه‌گیری ارتفاعی - سانتی‌متری. دقتی در حدود چند میکرو گال برای گرانی سنجی به دست می‌آید. چنین دقت ارتفاعی با ارتفاع سنجی نوری فراهم می‌شود. امروزه با دستگاه‌های اندازه‌گیری مختصات GPS تفریقی دستیابی به دقت‌های کمتر از یک سانتی‌متر نیز میسر شده است.

- دقت مسطحاتی

در پیمایش‌های گرانی سنجی دستیابی به دقت اندازه‌گیری مسطحاتی اهمیت کمتری از دقت ارتفاعی دارد. به‌عنوان مثال ± 5 متر خطا در اندازه‌گیری مختصات مسطحاتی در عرض‌های جغرافیایی میانی در حدود $+4$ میکرو گال خطا در اندازه‌گیری گرانی ایجاد خواهد نمود و در عرض‌های جغرافیایی دیگر این مقدار خطا کمتر خواهد بود.

۵-۲-۲ شبکه‌بندی

به‌منظور تصویر نمودن یک بی‌هنجاری گرانی باید حداقل سه ایستگاه برداشت متوالی در امتداد یک خط روی آن قرار گیرد. طول خط برداشت به عمق بررسی بستگی دارد. بر اساس یک قاعده تجربی طول خط باید حداقل دو برابر عمق پی‌جویی باشد. به‌منظور پرهیز از مشکل لبه پیمایش ۱۰ درصد طول هر خط به ابتدا و انتهای آن اضافه می‌شود در صورت شناخت اولیه‌ای از شکل بی‌هنجاری، خطوط به‌گونه‌ای طراحی می‌گردند که عمود بر محور بی‌هنجاری باشند. در این حالت بهترین نوع شبکه نمایش مربعی است به این معنی که فاصله دو ایستگاه متوالی در امتداد یک خط. بافاصله جانبی دو خط برداشت متوالی، یکسان باشد. این شبکه به‌صورت ارتوگونال است به این معنی که امتداد پروفیل بر خط واصل بین دو ایستگاه جانبی عمود است. اگر نوع قرارگیری و یا شکل بی‌هنجاری قابل پیش‌بینی نباشد. طراحی ستاره‌ای توصیه می‌شود. در این حالت ابتدا خط‌ها به‌صورت شبکه مربعی طراحی می‌گردند. سپس خطوط به‌صورت یک‌درمیان انتخاب‌شده و ایستگاه‌های در امتداد آن‌ها به مقدار نصف فاصله دو ایستگاه متوالی در امتداد خط به‌صورت یک‌درمیان به بالا و پایین جابجا می‌شوند. دو نوع شبکه‌ای که در بالا به آن‌ها اشاره شد. بهترین پوشش برای مطالعات گرانی سنجی را دارند. به‌هرحال در صورت وجود محدودیت در هزینه می‌توان فاصله جانبی خطوط ایستگاه‌های برداشت را به میزان دو برابر فاصله دو ایستگاه متوالی افزایش داد

۵-۲-۳ برداشت‌های صحرائی

مراحل پیمایش گرانی سنجی در یک ناحیه جدید به شرح زیر است:

- ۱- ابتدا باید از پایداری که دستگاه اطمینان حاصل شود. به ویژه در زمانی که شرایط نامناسب و ناهموار برای حمل دستگاه وجود دارد یا مدت زمان طولانی دستگاه خاموش بوده است.
به منظور آزمایش ایستایی کالیبراسیون دستگاه در دستگاه‌های دیجیتالی، قرائت خودکار ایستگاه در یک بازه زمانی ۲۴ ساعته در نقطه‌ای که نوفه لرزش محیطی نداشته باشد. انجام می‌شود و در دستگاه‌های مکانیکی، با قرائت در چنین نقطه‌ای در بازه‌های زمانی مشخص این منظور تامین می‌شود. همچنین مؤلفه بلندمدت خزش دستگاه پس از اعمال تصحیح جزر و مد بر اساس بهترین خط منطبق بر داده‌های گرانی قرائت شده مشخص می‌شود. روش دیگری به نام آزمایش دینامیکی کالیبراسیون نیز وجود دارد که س از آزمایش ایستایی با انجام قرائت در مجموعه‌ای از ایستگاه‌ها انجام می‌شود.
- ۲- شبکه‌بندی طراحی و در صورت نیاز بر روی زمین علامت‌گذاری می‌گردد. تعدادی از ایستگاه‌ها در خارج از محدوده پیمایش به عنوان ایستگاه مبنا انتخاب می‌شوند. ایستگاه‌های مبنا باید به سادگی قابل دسترسی باشند. این ایستگاه‌ها دارای موقعیت ثابتی هستند که با ریختن سیمان و تراز نمودن سطح آن ساخته می‌شوند. انتقال گرانی مطلق از ایستگاه‌های دارای مقدار گرانی مطلق به ایستگاه‌های مبنا طی فرآیند رفت و برگشتی انجام می‌شود. برای تصحیح خزش دستگاه حاصل از ضربه‌ها و یا تغییرات دمایی. در شروع و پایان پیمایش روزانه ایستگاه مبنا قرائت می‌گردد. در دستگاه‌هایی که مکانیکی هستند بازگشت به نقطه مبنا و قرائت آن به منظور انجام تصحیح خزش دستگاهی در بازه زمانی کمتر از ۲ ساعت باید انجام شود.
- ۳- در برداشت‌های میکرو گرانی سنجی باید تصحیح فشار هوا نیز محاسبه و اعمال گردد. دقت فشارسنج مناسب ۰/۱ کیلو پاسکال است. در روزهای عادی و بدون تغییرات جوی، فشار بارومتریک ثابت است. تغییر فشار جو تا شعاع ۲۵ کیلومتر را می‌توان خطی در نظر گرفت.
- ۴- برای کنترل کیفی برداشته شانزده درصد ایستگاه‌ها به عنوان نقاط کنترل برای تکرار قرائت‌ها انتخاب و مجدد پیمایش می‌گردند. اختلاف قابل قبول در تکرار قرائت، پس از انجام تصحیح خزش، شنا ۲۰ میکروگال می‌باشد. البته این بازه بستگی به نوع پیمایش و دقت اندازه‌گیری دارد.
- ۵- در صورتی که در موقعیت ایستگاه، عوارض و موانع به گونه‌ای باشد که دسترسی به آن امکان پذیر نباشد. جابجایی نقطه بیش از ۱۰ در حد فاصله جانبی دو ایستگاه متوالی مجاز نیست.

نکات قابل توجه در برداشت یک ایستگاه به شرح زیر است:

- با توجه به حساسیت زیادی دستگاه حمل و نقل آن در هنگام ترابری و زمان دانه برداری باید با احتیاط زیاد و پرهیز از هرگونه حرکت و تکان‌های ناگهانی انجام شود.
- صفحه سه پایه زیرین دستگاه که دارای تراز است. روی نقطه قرار داده شده و تراز شود.
- دستگاه روی صفحه قرار داده شده و تراز شود.
- ارتفاع دستگاه از سطح زمین اندازه‌گیری شود.
- در زمان قرائت از عوامل نوفه‌های لرزشی مانند باد. تردد وسایل نقلیه و انسان نا حد امکان اجتناب شود.

- به منظور اطمینان از پایداری دستگاه قرائت چند بار تکرار شود.
- موقعیت ایستگاه. ارتفاع آن. ارتفاع دستگاه سه پایه و زمان قرائت انجام شده باید یادداشت گردد.
- در صورتی که شیب سطح بیش از ۲۰ درجه باشد. در چهار نقطه اطراف ایستگاه اندازه گیری ارتفاعی برای تصحیح زمینگان انجام می شود. فاصله این نقاط از مرکز ایستگاه، ۲۵ درصد فاصله دو ایستگاه متوالی است.
- برای محاسبه چگالی دو روش کاربرد دارد:

الف - نمونه برداری از واحدهای سنگی قابل مشاهده (رخنمون)

نمونه برداری باید توزیع مناسبی در ناحیه مطالعاتی داشته باشد. تعداد آن با توجه به واحدهای سنگی موجود حداقل یک نمونه در هر هکتار می باشد.

ب- برداشت پروفیل نتلتون

اگر واحدهای سنگی در سطح قابل مشاهده نبوده و امکان نمونه برداری مستقیم نباشد. این روش کاربرد خواهد داشت. معمولاً در امتداد هر خط نتلتون ۲۰ تا ۴۰ ایستگاه برداشت می شود. طول پروفیل باید به گونه ای باشد که ترجیحاً از یک تبه و گودی موجود در ناحیه عبور کند. فاصله نقاط نباید از ۱۰۰ متر بیشتر باشد و پروفیل باید در امتداد یک خط راست قرار گیرد. در تمامی پیمایش ها علاوه بر نمونه برداری مستقیم، برداشت پروفیل نتلتون با توجه به شرایط توپوگرافی توصیه می گردد

۵-۲-۴ پردازش و تفسیر اطلاعات

۵-۲-۴-۱ پردازش

داده های برداشت شده در پیمایش گرانی سنجی علاوه بر اثرهای با منشأ زمین شناختی، شامل اثرهای دیگری نیز هستند که با حذف آنها مقادیری موسوم به بی هنجاری بوگه حاصل می شود. این بی هنجاری دایه تولید نقشه های بی هنجاری های گرانی سنجی است. در ادامه به این اثرهای غیر زمین شناختی و تصحیحاتی که لازم است اشاره می شود.

۵-۲-۴-۱-۱ اثر کشند

اثر گرانشی خورشید و ماه تغییراتی را (حداکثر ۳/۰ میلی گال) بر روی مقادیر اندازه گیری شده بر روی سطح زمین ایجاد می کند که به نام اثر کشند معروف است. این اثر به صورت تابعی از عرض و طول جغرافیایی و زمان جهانی قابل محاسبه است. محاسبات اثر کشنده (در دستگاه های دیجیتالی ۱۳ و ۱۵) توسط پردازنده داخل دستگاه انجام می شود.

۵-۲-۴-۱-۲ اثر خزش

قرائت انجام شده توسط دستگاه گرانی سنج در طی روز دستخوش تغییراتی است که روند آن به صورت خطی در نظر گرفته می شود و باید در مقادیر قرائت شده سرشکن شود. این نوع تغییر مربوط به خواص فیزیکی دستگاه بوده و تابعی از زمان است. برداشت نقطه مبنا در ابتدا و انتهای پیمایش برای تصحیح این اثر انجام می شود.

مقدار تصحیح خزش با توجه به ضریب کالیبراسیون که در داخل دستگاه وجود دارد حاصل می‌شود و قابل اعمال به تمامی داده‌های قرائت شده است.

۵-۲-۴-۱-۳ تغییرات میدان گرانشی با عرض جغرافیایی

سطح تراز آب‌های آزاد که زمینوار نامیده می‌شود. سطح هم‌پتانسیلی از میدان گرانشی زمین است که شامل نیروهای مرکزگرا است. به دلیل تغییرات جانبی چگالی، به‌عنوان مثال تغییرات جرمی از پوسته قاری به سمت حوضه‌های دریایی، زمینوار به شکل یک کره ساده نیست. زمینوار در قاره‌ها به سطحی بالاتر و در اقیانوس‌ها به سمت پایین کشیده می‌شود

معادله‌ای که تغییرات شتاب گرانشی را با عرض جغرافیایی نشان می‌دهد شامل نیروی گرانش نیوتن و نیروی مرکزگرایی است که به دلیل چرخش زمین دور محور خود ایجاد می‌شود

۵-۲-۴-۱-۴ تغییرات میدان گرانشی زمین با ارتفاع

- اثر هوای آزاد

با فرض تمرکز جرم زمین در یک نقطه، با دور شدن از مرکز جرم، نیروی گرانشی وارده به آن به نسبت عکس مربع فاصله از مرکز جرم کاسته می‌شود. به ازای یک متر تغییر ارتفاع نیروی گرانشی 0.3086 میلی گال تغییر می‌کند. گرادیان قائم تغییرات شتاب گرانشی 4 . اثر هوای آزاد نامیده می‌شود. در واقع به دلیل یکنواخت نبودن تغییرات چگالی سنگ‌های زیر سطح زمین، مقدار واقعی تغییرات نا 25% در مقایسه با این مقدار حاصل از تئوری تفاوت دارد.

- اثر بوگه

اثر بوگه بر اساس جاذبه گرانشی یک نخته افقی با گسترشی بی‌نهایت و ضخامتی برابر ارتفاع ایستگاه برداشت است. برای انجام تصحیح بوگه بر روی مقدار هر ایستگاه اثر گرانش حاصل از جرم نخته فرضی در موقعیت ایستگاه از مقدار قرائت شده آن کاسته می‌شود.

- اثر زمینگان

ناهمواری‌های ارتفاعی اطراف ایستگاه اندازه‌گیری باعث کاهش در مقدار قرائت می‌شود. تپه‌های اطراف ایستگاه به دلیل اثر کشش به سمت بالا و قرائت ایستگاه در اطراف دره به دلیل جرمی که در فرض نخته بوگه باید در نظر گرفته شود، باعث کاهش در مقدار قرائت شده می‌گردد. اثر زمینگان همواره مثبت است. برای محاسبه این اثر باید توپوگرافی اطراف ایستگاه با دقت مناسبی اندازه‌گیری شده و همچنین دانشی از چگالی سنگ‌های پیرامون ایستگاه وجود داشته باشد.

۵-۲-۴-۱-۵ بی‌هنجاری بوگه

در پیمایش‌های گرانی سنجی مشاهده مستقیمی از مقادیر شتاب گرانی زمین حاصل می‌شود. با اعمال تصحیحاتی که در بخش‌های قبلی توضیح داده شد سعی بر این است تا مقادیر بر روی یک سطح هم‌پتانسیل برگردان شود، اختلاف بین این مقادیر و گرانی حاصل از تغییرات عرض جغرافیایی در هر ایستگاه بی‌هنجاری‌های موجود موسوم به بوگه را آشکار می‌کند.

۵-۲-۴-۲ نرم‌افزارهای پردازش و تفسیر داده‌ها

بسته‌های نرم‌افزاری علاوه بر پردازش اطلاعات و داده‌ها امکان تلفیق سایر اطلاعات ژئوفیزیکی به‌عنوان اطلاعات جانبی را نیز دارند. در جدول ۱-۵ فهرستی از نرم‌افزارهای موجود برای طراحی کنترل کیفی عملیات داده‌برداری، پردازش‌های صحرائی، پردازش‌های مفصل، تفسیر و مدل‌سازی ارائه شده است.

جدول ۱-۵- فهرست نرم‌افزارهای موجود برای طراحی، پردازش، تفسیر و مدل‌سازی

| ردیف | عنوان نرم‌افزار | کاربرد |
|------|---|--|
| ۱ | Golden software (Surfer) | - کنترل پیشرفت پروژه و تهیه نقشه‌های موقعیت ایستگاه‌ها و بی‌هنجاری‌ها |
| ۲ | WingLink | - پردازش صحرائی و کنترل کیفی داده‌برداری، تهیه نقشه‌های موقعیت ایستگاه‌ها و بی‌هنجاری‌ها |
| ۳ | Geosoft (Oasis Montaj) | - پردازش صحرائی و تکمیلی - دارای مجموعه‌ای از پالایه‌ها (در حوزه مکان و فوریه) - مدل‌سازی دوبعدی و سه‌بعدی به روش وارون‌سازی |
| ۴ | Encom (Profile Analyst-Modelvision-UBC) | - پردازش صحرائی و تکمیلی - دارای مجموعه‌ای از پالایه‌ها (در حوزه مکان و فوریه) - مدل‌سازی دوبعدی و سه‌بعدی به روش وارون‌سازی |

سورفر (Surfer) از ابتدایی‌ترین نرم‌افزارهای تهیه و تولید نقشه‌های موقعیت ایستگاه‌های برداشت و بی‌هنجاری حاصل از گرانی سنجی است.

وینگ لینک (WingLink) نرم‌افزار پردازش و تفسیر داده‌های الکترومغناطیس است. بخشی در این نرم‌افزار وجود دارد که مخصوص پردازش و تفسیر اطلاعات است. با توجه به قابلیت ویرایش گرافیکی اطلاعات بر روی نقشه، این نرم‌افزار برای انجام پردازش صحرائی و هدایت پروژه‌های میدان پتانسیل مناسب است. این نرم‌افزار قابلیت مدل‌سازی مستقیم را دارد که امکان سنجی پروژه را نیز فراهم می‌کند.

ژئوسافت (Geosoft) نرم‌افزار حرفه‌ای مخصوص طراحی، پردازش، تفسیر و مدل‌سازی داده‌های میدان پتانسیل است. ژئوسافت با قابلیت تخلیه اطلاعات از دستگاه‌های CG3 و CG5 پردازش پیشرفته داده‌های حاصل از پیمایش‌های گرانی سنجی را میسر می‌کند. مجهز به جعبه‌ابزار پیشرفته‌ای از پالایه‌ها (فیلتر) در حوزه فوریه و مکان است که تفسیر کیفی و پردازش نقشه‌ها با آن‌ها انجام می‌شود.

انکام (Encom) نیز نرم‌افزار حرفه‌ای در طراحی پردازش، تفسیر و مدل‌سازی داده‌های میدان پتانسیل است. مجموعه‌ای چندبخشی از نرم‌افزارهای مجزا است.

۵-۲-۴-۲ تفسیر

پس از انجام اصلاح‌های لازم داده‌های برداشت‌شده تبدیل به بی‌هنجاری بوگه می‌شوند و این اطلاعات در نرم‌افزارهای تفسیری به نقشه بی‌هنجاری بوگه تبدیل می‌شوند. به‌منظور ایجاد نقشه‌های گرانی سنجی از الگوریتم شبکه‌سازی کمترین انحناء استفاده می‌شود. تفسیر این نوع نقشه‌ها، به دو صورت کیفی و کمی انجام می‌شود که در ادامه توضیح داده شده است. لازم به ذکر است که به دلیل وجود ابهام و عدم یکتایی پاسخ مدل، بهتر است از سایر اطلاعات موجود نیز در تحلیل و تفسیر اطلاعات گرانی سنجی استفاده شود.

۵-۲-۴-۱ تفسیر کیفی

نقشه‌های بی‌هنجاری بوگه بیانگر نامی اثرهای مربوط به تغییرات شتاب گرانشی موجود در زیر سطح زمین هستند و لازم است طی تفسیر کیفی، با استفاده از پالایه‌های مختلف و به جهت تشخیص خطواره‌های گسلی و موقعیت مسطحاتی پدیده‌ها، تفکیک بی‌هنجاری‌های منطقه‌ای و باقیمانده و تشخیص منشأ آن‌ها انجام شود. پالایه‌های رایج به شرح زیر می‌باشند:

- بالاگذر، پایین گذر و میان گذر

- بیناب انرژی

- مشتق شیب

- ادامه فراسو و فروسو

- سیگنال تحلیلی

پالایه‌های مختلف و متنوع دیگری نیز وجود دارند که در تفسیر کیفی نقشه‌های گرانی سنجی کاربرد دارند. در تفسیر کیفی اطلاعات نقشه‌های مختلفی بر مبنای این نوع پالایه‌ها تولید شده و تلفیق آن با نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی تحلیل‌های زیادی را به همراه خواهد داشت.

۵-۲-۴-۲ تفسیر کمی

تخمین عمق و مدل‌سازی از جمله موارد قابل‌بررسی در تفسیر کمی می‌باشند. به‌طور معمول تخمین عمق می‌تواند به روش ساده نصف بی‌هنجاری با روش اولی‌ر انجام شود و مدل‌سازی نیز به دو روش مستقیم و داروسازی انجام می‌شود.

- مدل‌سازی به روش مستقیم

در این روش با در نظر گرفتن مفروضاتی در مورد جرم منشأ بی‌هنجاری، اقدام به ایجاد مدل می‌گردد و با تغییراتی به‌صورت سعی و خطا پاسخ مدل بر مشاهدات و اندازه‌گیری‌ها منطبق می‌شود. این نوع مدل‌سازی برای امکان‌سنجی داده‌برداری به روش گرانی سنجی و تفسیرهای اولیه صحرائی مناسب است

- مدل‌سازی به روش وارونه‌سازی

در مدل‌سازی به روش وارونه‌سازی از حل مسئله به کمک کمترین مربعات بهره گرفته می‌شود. امروزه علاوه بر وارونه‌سازی دوبعدی انجام وارون‌سازی سه‌بعدی نیز امکان‌پذیر شد. ماست که روشی کارآمد در تفسیر اطلاعات میدان پتانسیل (گرانی سنجی) محسوب می‌شود.

نحوه نگارش گزارش در پیوست ۱ آمده است.

۳-۵ مشخصات کادر فنی و تجهیزات

۱-۳-۵ مشخصات فنی دستگاه‌ها و تجهیزات

۱-۱-۳-۵ مشخصات دستگاهی

دستگاه‌های گرانی‌سنج با مشخصه‌هایی مانند دقت، صحت، قدرت تفکیک و حساسیت معرفی می‌شوند. دقت: عدم قطعیت اندازه‌گیری و سنجش در مقایسه با یک معیار مطلق و مشخص استاندارد است که معمولاً با مفهوم خطای اندازه‌گیری درهم‌آمیخته است و به‌صورت درصدی از مقدار اندازه‌گیری شده بیان می‌شود. صحت: تکرارپذیری اندازه‌گیری را توصیف می‌کند. به این معنی که در صورت انجام اندازه‌گیری‌های مختلف از یک کمیت قابل‌اندازه‌گیری، مقادیر آن یکسان و یا نزدیک به هم باشند. قدرت تفکیک: کمترین مقداری که توسط یک وسیله اندازه‌گیری قابل‌سنجش باشد را می‌گویند. معمولاً دقت دستگاه اندازه‌گیری نمی‌تواند از قدرت تفکیک آن بیشتر باشد. حساسیت: بازه‌ای از تغییرات که قابل تشخیص برای دستگاه اندازه‌گیری باشد. به‌گونه‌ای که مقدار موجود در این بازه قابل‌سنجش باشد.

انواع دستگاه‌های رایج به شرح زیر هستند:

۱- دستگاه CG۳

قدرت تفکیک: ۰/۰۱ میلی گال
خزش حسگر: ۰/۰۲ میلی گال در روز
صحت سنجش: کمتر از ۰۱/۰ میلی گال
بازه تراز خودکار: $\pm ۰,۰۵۶$ درجه
بازه دمایی عملکرد دستگاه: ۴۰- تا ۴۵+ درجه سانتی‌گراد
ساعت داخلی: با قدرت تفکیک ۱ ثانیه

۲- دستگاه CG۵

قدرت تفکیک: ۱ میکروگال
خزش حسگر: ۰/۰۲ میلی گال در روز
صحت سنجش: کمتر از ۵ میکروگال
بازه تراز خودکار: $\pm ۰,۵۶$ درجه
بازه دمایی عملکرد دستگاه: ۴۰- تا ۴۵+ درجه سانتی‌گراد
ساعت داخلی: با قدرت تفکیک ۱ ثانیه

۵-۳-۱-۲ آزمایش کالیبراسیون دستگاهی

برای کالیبراسیون دستگاه‌های گرانی سنج دو نوع آزمایش ایستایی و دینامیکی وجود دارد.
- در آزمایش ایستایی دستگاه در یک محیط آرام و عاری از هر نوع نوفه محیطی به مدت ۲۴ ساعت به صورت خودکار با آهنگ هر ده دقیقه یک برداشت. قرائت می‌گردد. پس از تصحیح بر اساس رابطه (۳-۱). مقدار خزش دستگاه باید کمتر از 0/01 میلی گال در ساعت باشد.

$$K = \frac{\delta e - \delta s}{t_e - t_s}$$

در این رابطه k مقدار خزش دستگاه δ اولین قرائت δ آخرین قرائت t_e زمان آخرین قرائت و t_s زمان اولین قرائت است.

- در آزمایش دینامیکی مسیری که در امتداد آن ایستگاه‌هایی با مقادیر مشخص وجود دارند. انتخاب شده و این ایستگاه‌ها در رفت و برگشت اندازه‌گیری می‌شوند. بر اساس رابطه (۵-۲) مقدار خطا در مجموع قرائت‌ها نباید از ۰/۰۱ میلی گال بیشتر باشد.

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^m (\Delta g_i - \overline{\Delta g_i})^2}{m-n}}$$

در این رابطه: ϵ مقدار خطا در مجموع قرائت‌ها i شماره ایستگاه‌ها Δg_i اختلاف قرائت بین دو ایستگاه متوالی (رفت و برگشت) Δg_i و میانگین اختلاف قرائت‌ها m تعداد ایستگاه‌ها و n تعداد فواصل بین ایستگاه‌ها است

۵-۳-۲ مشخصات کادر فنی انجام خدمات

کارکنان گروه عملیات داده‌برداری باید توانایی جسمانی مناسبی داشته و بتوانند در شرایط مختلف آب و هوایی و توپوگرافی انجام‌وظیفه نمایند. همچنین آشنایی با موقعیت سنجی و مسیریابی به کمک دستگاه‌های مکان‌یابی (GPS) را داشته و در خصوص مسائل مرتبط با HSE و اصول کمک‌های اولیه در برخورد با شرایط بحرانی نیز آموزش دیده باشند. مشخصات اختصاصی نیم مطالعات گرانی سنجی به شرح زیر است:

۵-۳-۲-۱ کارشناس ارشد پروژه:

- کارشناس ارشد پروژه باید حداقل مدرک کارشناسی ارشد یا دکتری در رشته ژئوفیزیک، معدن یا زمین‌شناسی داشته و دارای ۷ سال تجربه در برداشت‌های صحرائی مرتبط باشد و تمام امور فنی مربوط به دستگاه‌ها را بداند. توانایی‌های اصلی کارشناس ارشد پروژه به شرح زیر است.
- مفاهیم کامل پردازش و تفسیر داده‌ها و اطلاعات گرانی سنجی را بداند.
- دوره‌ها و آموزش‌های لازم برای برداشت‌های دقیق را دیده باشد و جزئیات مندرج در کتابچه راهنمای دستگاه را بداند.
- آشنایی کامل با نرم‌افزارهای پردازشی و تفسیری داشته باشد
- به امور مدیریتی و کنترل پروژه آگاه باشد.
- همچنین کارشناس ارشد پروژه باید به تهیه گزارش‌های فنی و نرم‌افزارهای موردنیاز برای تهیه یک گزارش مسلط بوده و بتواند یک پروژه را از ابتدا تا انتها به انجام برساند.

۵-۳-۲-۲ کارشناس صحرائی

کارشناس صحرائی که کار با دستگاه را به عهده می‌گیرد باید حداقل دارای مدرک کارشناسی و با کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، معدن یا زمین‌شناسی باشد و حداقل ۵ سال سابقه عملیاتی در برداشت‌های ژئوفیزیک داشته باشد. توانایی‌های اصلی وی به شرح زیر است:

- دارای تجربه کافی بوده و دوره‌های آموزشی لازم برای کار با دستگاه را گذرانده باشد.
- بتواند داده‌ها را تخلیه و صحت برداشت‌ها را در ایستگاه مبنا کنترل نماید و پردازش اولیه اطلاعات را انجام دهد.
- آشنایی با پردازش اولیه داده‌ها و اطلاعات به کمک نرم‌افزارهای تخصصی را داشته باشد.

۵-۳-۲-۳ راننده:

راننده باید تا حدی به امور فنی آگاه باشد تا بتواند در شرایط بحرانی گروه را به مقصد موردنظر رسانده و بازگرداند

۵-۳-۳ چک لیست وسایل و کارکنان

فهرست تجهیزات برای انجام عملیات صحرایی گرانی سنجی به شرح زیر است

- ۱- دستگاه گرانی سنج
- ۲- سه پایه مخصوص دستگاه
- ۳- کیف مخصوص حمل دستگاه
- ۴- کوله پشتی مخصوص حمل در شرایط توپوگرافی نامناسب
- ۵- باتری یدکی مخصوص دستگاه
- ۶- دستگاه موقعیت یاب (GPS) دستی
- ۷- فشارسنج (مخصوص برداشت‌های میکرو گرانی سنجی)
- ۸- دفترچه یادداشت برای ثبت مقادیر و مختصات نقاط
- ۹- کیسه مخصوص گردآوری نمونه‌های سنگ برای سنجش چگالی
- ۱۰- چکش مخصوص برای نمونه برداری
- ۱۱- سایه بان برای پیشگیری از تابش مستقیم نور خورشید در روزهای گرم
- ۱۲- بیلچه جهت تسطیح محل استقرار سه پایه
- ۱۳- متر فلزی فنی جهت اندازه گیری فاصله دستگاه از زمین

فهرست کارکنان عملیات گرانی سنجی به شرح زیر است:

- ۱- کارشناس ارشد
- ۲- کارشناس صحرایی
- ۳- کارگر (جهت حمل و نقل دستگاه)
- ۴- کارشناس ارشد تفسیر (به ازای هرروز کار صحرایی ۲ روز کار پردازش و تفسیر)
- ۵- کارگر (دونفره حاضر در کارگاه برای آشپزی و خانه‌داری)
- ۶- راننده

۵-۴ نحوه محاسبه حق الزحمه

۵-۴-۱ عوامل تأثیرگذار در هزینه‌ها

به‌طور کلی عوامل تأثیرگذار در هزینه‌ها را می‌توان به ۳ بخش زیر تقسیم کرد.

۵-۴-۱-۱ نیروی انسانی

در عملیات گرانی سنجی حضور ۳ نفر شامل کارشناس ارشد به منظور بررسی و کنترل کیفی اطلاعات و راهبری پروژه کارشناس صحرایی (اپراتور) به منظور داده برداری گرانی سنجی و نقشه برداری و یک کارگر جهت حمل و نقل دستگاه الزامی است. همچنین به ازای هر روز کار صحرایی ۲ روز کار پردازش و نفر با یک کارشناس ارشد تفسیر مورد نیاز است.

۵-۴-۱-۲ هزینه های کارگاهی

این بخش از هزینه ها شامل اجاره با ایجاد کارگاه، ۲ کارگر حاضر در کارگاه برای آشپزی و خانه داری و یک راننده است. هزینه خودرو شامل اجاره یک وانت صحرایی دو کابین و دو دیفرانسیل به منظور جابه جایی پرسنل و تجهیزات به منطقه و جابجایی درون منطقه می باشد.

۵-۴-۱-۳ هزینه دستگاه و تجهیزات

این بخش شامل موارد زیر است:

- هزینه استهلاک دستگاه عمرانی سنج و نقشه برداری
- هزینه مواد مصرفی، اسپری رنگ، میخ های چوبی
- هزینه لوازم دفتری نظیر کاغذ، پرینتر، صحافی و...

۵-۴-۲ بازده

بازدهی عملیات صحرایی تابعی از عوامل زیر است:

- ۱- نوع برداشت (فاصله ایستگاهی و دقت اندازه گیری)
- ۲- تجهیزات مورد استفاده
- ۳- توپوگرافی محدوده مورد مطالعه در جدول زیر تعداد نقاط برداشتی روزانه با توجه به دستگاه و شرایط توپوگرافی مختلف ارائه شده است.

جدول ۵-۲- تعداد نقاط برداشتی با توجه به فاصله ایستگاه‌ها و شرایط توپوگرافی

| شرایط توپوگرافی | | | فاصله ایستگاهی (متر) | نوع دستگاه |
|-----------------|-----------|-----|-------------------------|---------------------------|
| کوهستان | تپه‌ماهور | دشت | | |
| ۳۲ | ۳۸ | ۴۵ | ۱۰ | دیجیتالی از نوع CG3 و CG5 |
| ۲۸ | ۳۲ | ۳۸ | ۳۰ | |
| ۲۵ | ۲۸ | ۳۲ | ۵۰ | |
| ۲۱ | ۲۵ | ۲۸ | ۱۰۰ | |

ضریب شرایط مختلف اقلیمی

مناطق مختلف کشور از نظر آب و هوایی و دسترسی به امکانات شهری نظیر جاده، امکانات رفاهی زیرساخت‌ها شرایط اجتماعی و امنیتی بسیار متفاوت می‌باشند. این ضریب برای روش گرانی سنجی به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$Rg = \frac{R + 0.74}{1.75}$$

که در آن ضریب منطقه‌ای حقوق عوامل نظارت کارگاهی اعلام شده برای مناطق مختلف کشور توسط سازمان برنامه و بودجه کشور می‌باشد.

۵-۴-۴- تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش گرانی سنجی

جدول ۵-۳- تعرفه خدمات مطالعات ژئوفیزیک به روش گرانی سنجی

| شماره | شرح | واحد | بها (ریال) |
|-------|--|----------|------------|
| ۱ | حق الزحمه مطالعات ژئوفیزیک به روش گرانی سنجی | اکیب روز | ۸۰,۵۷۳,۰۰۰ |
| ۲ | هزینه حمل افراد و وسایل از دفتر مشاور به کارگاه و بالعکس در جاده‌های آسفالتی | کیلومتر | ۳۷,۵۴۵ |
| ۳ | هزینه حمل افراد و وسایل از دفتر مشاور به کارگاه و بالعکس در جاده‌های خاکی | کیلومتر | ۶۶,۶۱۲ |



پیوست ۱

گزارش نویسی

shaghool.ir

پ-۱-۱ روش مقاومت الکتریکی

ارائه نتایج حاصل از انجام مطالعات ژئوفیزیک در گزارش آن صورت می‌پذیرد. یک گزارش ژئوفیزیک بایستی تا حد امکان تمامی اطلاعات به‌دست‌آمده از انجام پروژه ژئوفیزیک را به خواننده منتقل کند. با توجه به اینکه هدف از تهیه گزارش، مستند کردن فعالیت‌های صورت گرفته است. بایستی به نحوی نگارش یابد که اولاً تمامی نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه را منتقل کند و ثانياً تا سال‌ها بعد قابل استفاده باشد. به‌عبارت‌دیگر نتایج حاصل از انجام مطالعات ژئوفیزیک بایستی به‌عنوان یک‌لایه اطلاعاتی برای آیندگان قابل استفاده باشد. بدین منظور برای نگارش یک گزارش استاندارد، بایستی نکاتی مدنظر قرار گیرد. یک گزارش ژئوفیزیک علاوه بر روان بودن نثر آن بایستی به ترتیب شامل قسمت‌های زیر باشد.

پ-۱-۱-۱ صفحات اولیه گزارش

صفحات اولیه گزارش کامل طرح روی جلد و صفحه عنوان تشکر و قدردانی. چکیده، فهرست مطالب، اشکال و جداول است. صفحه عنوان شامل عنوان گزارش، آرم شرکت‌های کارفرما و پیمانکار (مشاور) نام تهیه‌کنندگان و مجری و تاریخ تهیه می‌باشد. در صفحه تشکر و قدردانی از تمام کسانی که در انجام پروژه گروه ژئوفیزیک را یاری نموده و یا خدماتی ارائه کرده‌اند. در صورت نیاز در این بخش سپاسگزاری می‌شود (عمدتاً چند سطر). در چکیده گزارش بایستی به‌صورت خلاصه هدف از انجام مطالعات روش‌های گردآوری اطلاعات و نتایج به‌دست‌آمده در حدود یک صفحه بیان نمود.

پ-۱-۱-۲ مقدمه و اطلاعات اولیه

در مقدمه گزارش به‌صورت مختصر نوع برداشت و آرایش‌های الکترودی مورد استفاده، تاریخ‌های عقد قرارداد و برداشت داده‌ها هدف از انجام عملیات صحرائی اطلاعات کارفرما و موقعیت محدوده برداشت آورده می‌شود. همچنین حجم عملیات صحرائی به‌صورت کمی از قبیل تعداد نقاط برداشت در این بخش ذکر می‌شود. علاوه بر این مختصری از پیکربندی گزارش و فصل‌بندی مطالب در این بخش آورده می‌شود. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه با ذکر جزئیاتی از حمله شهرها و روستاهای مجاور همچنین راه‌های دسترسی نوع آن‌ها و فواصل هر یک از آن‌ها در بخشی دیگر آورده می‌شود. نمایش محدوده مورد مطالعه بر روی نقشه راه‌ها و عکس‌های ماهواره‌ای در این راستا بسیار مفید می‌باشد. با توجه به اهداف پروژه و نوع آن اطلاعات باید از قبیل آب‌شناسی زمین‌شناسی عمومی و اقتصادی، تکنونیک، باستان‌شناسی زیست‌محیطی و غیره به همراه نقشه‌های متناظر آن‌ها در یک بخش مجزا آورده می‌شود. علاوه بر این مختصات محدوده بر دانست و مشخص کردن آن بر روی نقشه‌های پایه از قبیل نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و غیره می‌تواند به گویا بودن گزارش کمک کند.

پ-۱-۱-۳ تئوری روش مقاومت ویژه

مختصری از تئوری روش مقاومت ویژه به همراه آرایش‌های الکترونی مورد استفاده در پروژه در یک فصل مجزا آورده می‌شود بایستی سعی نمود مطالب ارائه شده در این بخش تا حد امکان کاربردی بوده و اطلاعات آن حتی برای افراد ناآگاه به روش مقاومت ویژه قابل استفاده باشد. با توجه به هدف مورد مطالعه جداولی از مقادیر مقاومت ویژه ساختارهای مورد بررسی در پروژه آورده می‌نمود

پ-۱-۱-۴ اندازه‌گیری داده‌ها و نحوه پردازش آن‌ها

تجهیزات مورد استفاده و مشخصات فنی آن‌ها به همراه تصاویری از آن‌ها در حین اندازه‌گیری داده‌ها در پروژه در یک بخش آورده می‌شود. همچنین مشخصات شرکت سازنده دستگاه، مدل، نوع، دقت و قابلیت آن‌ها معرفی می‌گردد.

نحوه انجام عملیات صحرائی از جمله امتداد پروفیل‌های برداشت (به صورت کمی) فاصله نقاط و پروفیل‌ها و آرایش‌های مورد استفاده آورده می‌شود. همچنین نحوه شبکه‌بندی محدوده مورد مطالعه و نام‌گذاری ایستگاه‌ها در بخشی مجزا آورده می‌شود ارائه نقشه موقعیت مکانی ایستگاه‌های برداشت و موقعیت آن‌ها بر روی تصاویر ماهواره‌ای و همچنین تصاویری از محدوده برداشت در این بخش بسیار مفید است.

در ادامه نحوه انجام تصحیحات، پردازش داده‌ها و معرفی نرم‌افزارهای بکار رفته و مشخصات آن‌ها در بخش بعدی ارائه می‌شود.

پ-۱-۱-۵ ارائه نقشه‌ها، مقاطع و تفسیر آن‌ها

عمده‌ترین قسمت گزارش فصلی است که در آن نقشه‌ها و مقاطع مقاومت ویژه ارائه می‌شوند. نقشه‌ها و مقاطع با مشخصان مورد نظر در این فصل آورده نشده و با استفاده از اطلاعات و ابزارهای موجود تفسیر می‌شوند. در این فصل برای هر مقطع با نقشه مقاومت ویژه، اطلاعات مربوط به آن مقطع از جمله تعداد نقاط، موقعیت آن، بیشترین و کمترین مقادیر مقاومت ویژه اندازه‌گیری شده، آورده می‌شود. در نهایت تفسیر هر یک از نقشه‌ها به صورت مجزا و یا در کنار نقشه‌های دیگر و یا به صورت تلفیقی در صورت استفاده از دیگر روش‌های ژئوفیزیکی آورده می‌شود. در صورت لزوم پیشنهادهایی نظیر ارائه نقاط حفاری با رسم بر روی مقاطع در این فصل آورده می‌شود.

پ-۱-۱-۶ نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج حاصل از تفسیر داده‌های مقاومت ویژه در انتهای گزارش آورده می‌شود. نتیجه‌گیری باید خلاصه‌ای جامع از نتایج به دست آمده باشد و با توجه به نوع و مقیاس مطالعه صورت گرفته می‌توان نواحی امیدبخش را مشخص نمود. برای این منظور می‌توان نواحی امیدبخش را به همراه مختصات آن‌ها و ستاره بی‌هنجاری‌های موجود در نقشه‌های فصل قبلی به ترتیب اولویت مشخص نمود. همچنین با توجه به مرحله انجام مطالعه برای انجام مطالعات تکمیلی و با مراحل بعدی اکتشاف، پیشنهادهایی در این بخش ارائه می‌شود. مشخص کردن

نواحی حفر ترانشه و گمانه با ارائه جدولی در خصوص مشخصات و اولویت آن‌ها و با معرفی مناطق برای بازبینی‌های صحرایی و انجام مطالعات تکمیلی نظیر بی جویی‌های عمومی و انجام مطالعات تکمیلی ژئوفیزیک و دیگر روش‌ها می‌تواند در این قسمت ارائه شود.

پ-۱-۱-۷ صفحات انتهایی گزارش

صفحات انتهایی گزارش شامل فهرست منابع، پیوست‌ها (در صورت نیاز). چکیده انگلیسی (اختیاری) صفحه عنوان انگلیسی (اختیاری) است. منابع تئوری روش، برخی روابط و فرمول‌های موردنیاز، همچنین شکل‌ها و نقشه‌هایی که از مراجع دیگر در گزارش آورده شده، بایستی در فهرست منابع آورده شود. برخی از نقشه‌ها و مقاطع ثانویه، بین زمینه تئوری و محاسباتی نظیر انجام پردازش‌های مورد استفاده، مختصات نقاط برداشت و دیگر اطلاعات موجود می‌توانند در پیوست گزارش آورده شوند. در چکیده انگلیسی و صفحه عنوان انگلیسی (در صورت وجود) صفحات انتهایی گزارش را تشکیل می‌دهند.

پ-۱-۱-۸ فایل‌های همراه با گزارش نهایی

همان‌طور که ذکر شده در انجام یک پروژه مقاومت ویژه مراحل مختلفی صورت می‌پذیرد تا گزارش نهایی نگارش یابد. به منظور حفظ فعالیت‌های صورت گرفته و همچنین ارزیابی و کنترل کیفیت داده‌ها بامعنی تمام فعالیت‌ها مستند شوند. با مستند کردن تمامی اطلاعات، انجام فعالیت‌های بعدی روی داده‌ها به سهولت امکان‌پذیر است. در این بخش مشخصات فایل‌های رقومی یک پروژه مقاومت ویژه که بایستی در یک یا چند سی دی ذخیره شوند. آورده می‌شود.

- فایل گزارش نهایی با پسوند docx و pdf

- مختصات ایستگاه‌های برداشتی و راه‌های دسترسی به محدوده با پسوند gpx ، xls و gdp

- داده‌های برداشتی به تفکیک تاریخ برداشت و با فرمت‌های نرم‌افزار تخلیه دستگاه (در صورت وجود) و نرم‌افزار اکسلی به صورت که داده‌های خام و ویرایش شده در دو فولدر مجزا قرار گیرند

- تصاویر، نقشه‌ها و مقاطع موجود در گزارش با پسوند تصاویری شناخته شده نظیر Bitmap JPEG

Arc GIS, Global Mapper, Geosoft, Res3 Dinv و ... در فولدرهای جداگانه و مشخص

- تمامی اطلاعاتی که به منظور انجام پروژه جمع‌آوری شده‌اند، نظیر نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی عکس هوایی اطلاعات گمانه و چاه‌های منطقه و تصاویر برداشتی در حین انجام مطالعه در فولدرهای مجزا

پ-۱-۲ روش پلاریزاسیون القایی

یک گزارش پلاریزاسیون القایی، صرف‌نظر از نوع آرایش، شامل بخش‌های زیر است:

پ-۱-۲-۱ صفحات اولیه گزارش

صفحات اولیه گزارش شامل طرح روی جلد و صفحه عنوان تشکر و قدردانی، چکیده، فهرست مطالبه اشکال و جداول است. صفحه عنوان عاملی عنوان گزارش، آرم شرکت‌های کارفرما و پیمانکار (مشاور)، نام تهیه‌کنندگان و مجری و تاریخ تهیه می‌باشد. در صفحه تشکر و قدردانی از تمام کسانی که در انجام پروژه گروه ژئوفیزیک را یاری نموده و یا خدماتی ارائه کرده‌اند. در صورت نیاز در این بخش سپاسگزاری می‌شود (عمدتاً چند سطر). در چکیده گزارش بایستی به صورت خلاصه هدف از انجام مطالعات روش‌های گردآوری اطلاعات و نتایج به دست آمده در حدود یک صفحه بیان شود.

پ-۱-۲-۲ مقدمه

در این بخش به صورت مختصر نوع برداشت انجام شده، تاریخ برداشت. هدف از انجام عملیات صحرائی. نام کارفرما و موقعیت محدوده برداشت آورده می‌شود. همچنین حجم عملیات صحرائی به صورت کمی از قبیل تعداد نقاط برده است. مساحت و مسافت کلی مورد پیمایش در طول خطوط بر دانست آورده می‌شود. مشکلات موجود در برداشت‌ها مانند موانع عوارض طبیعی در محدوده برداشت در اینجا اشاره می‌شود.

پ-۱-۲-۳ منطقه برداشت

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه راه‌های دسترسی وضعیت آب و هوایی، شرایط اجتماعی سیاسی اقتصادی، مختصری از زمین‌شناسی منطقه و نقشه‌های متناظر آن‌ها در این بخش آورده شود. همچنین مختصات محدوده برداشت و در صورت نیاز مشخص کردن آن بر روی نقشه‌ای توپوگرافی، زمین‌شناسی و غیره می‌تواند به گویا بودن گزارش کمک کند.

پ-۱-۲-۴ معرفی روش و تجهیزات مورد استفاده

در این بخش روش با روش‌های ژئوفیزیکی مورد استفاده و آرایش‌ها به طور مختصر تشریح می‌شوند. تجهیزات و ویژگی‌های کاربردی آن‌ها به صورت مختصر معرفی نمود. همچنین شرکت سازنده دستگاه، مدل، نوع، دقت و قابلیت آن‌ها معرفی گردد.

پ-۱-۲-۵ نحوه انجام عملیات صحرائی

در این بخش فعالیت‌های صورت گرفته صحرائی به طور کامل شامل انتخاب جهت پروفیل‌ها، فاصله پروفیل‌ها و ایستگاه‌های اندازه‌گیری، نحوه برداشت داده‌ها، تعداد پروفیل‌ها و تعداد ایستگاه‌های منظم با نامنظم بودن شبکه نقاط و محدودیت‌های صحرائی آورده شود.

پ-۱-۲-۶ معرفی پردازش‌های بکار رفته بر روی داده‌ها

با توجه به تنوع پردازش‌های قابل انجام، پردازش‌های صورت گرفته بر روی داده‌ها معرفی شده و نحوه انجام تصحیحات و پردازش‌ها توضیح داده شود. در صورت گسترده بودن انجام پردازش می‌توان بیش زمینه تئوری و انجام محاسبات پردازش‌های صورت گرفته را به صورت پیوست در انتهای گزارش ضمیمه نمود.

پ-۱-۲-۷ ارائه نقشه‌ها و تفسیر

نقشه‌های حاصل به صورت پربندی و ارائه مقیاس رنگی متناظر آورده می‌شود. همچنین مختصات نقشه‌های حاصل در سیستم‌های شناخته شده آورده شود. عنوان و مقیاس نقشه، جهات جغرافیایی، تهیه‌کننده و کارفرما از جمله عواملی است که در گویا بودن نقشه‌ها تأثیر قابل توجهی دارند. در نهایت تفسیر هر یک از نقشه‌ها به صورت مجزا و یا در کنار نقشه‌های دیگر و با به صورت تلفیقی در صورت استفاده از دیگر روش‌های ژئوفیزیکی و تلفیق با اطلاعات زمین‌شناسی توضیح داده می‌شود.

پ-۱-۲-۸ نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این بخش نتایج نهایی به دست آمده از تعبیر و تفسیر با توجه به شرایط زمین‌شناسی منطقه نوشته می‌شود و بر این اساس پیشنهادها جهت ادامه با توقف عملیات، نقاط پیشنهادی جهت حفاری با دیگر عملیات تکمیلی توضیح داده می‌شود. همچنین لازم است در صورت پیشنهاد حفاری، محل نقاط حفاری روی نقشه‌ها مشخص کردند.

پ-۱-۲-۹ صفحات انتهایی گزارش

صفحات انتهایی گزارش شامل فهرست منابع، پیوست‌ها در صورت نیاز، چکیده انگلیسی (اختیاری) صفحه عنوان انگلیسی (اختیاری) است. منابع تئوری روش، برخی روابط و فرمول‌های مورد نیاز، همچنین شکل‌ها و نقشه‌هایی که از مراجع دیگر در گزارش آورده شده، بایستی در فهرست منابع آورده نمود. بین زمینه تئوری و محاسباتی نظیر انجام پردازش‌های مورد استفاده می‌توانند در این بخش ارائه شوند. مختصات نقاط برداشت در شبکه می‌تواند در این بخش آورده شود که در این صورت توضیحاتی در خصوص فایل‌های مربوطه داده می‌شود. در چکیده انگلیسی و صفحه عنوان انگلیسی در صورت وجود صفحات انتهایی گزارش را تشکیل می‌دهند.

پ-۱-۲-۱۰ فایل‌های همراه با گزارش نهایی

در کل خروجی نهایی عملیات انسانی ژئوفیزیک گزارشی می‌باشد که دارای ضمایمی مانند نقشه‌ها، جداول، داده‌ها و عکس‌ها می‌باشد که به صورت چاپ کاغذی در انتهای گزارش قرار داده می‌شود. علاوه بر آن این ضمایم و کلی گزارش به صورت داده‌های رقومی در قالب فایل‌های مختلف روی دیسک فشرده در کیف مخصوص ننه‌ای گزارش ارائه می‌گردد.

- گزارش به صورت فایل word با پسوند doc یا docx و یا فایل تصویری با پسوند pdf ارائه می شود.
 - جداول معمولاً به صورت فایل word یا فایل excel با پسوند xls ارائه می گردند.
 - تصاویر و عکسها دارای پسوند jpg می باشند. نقشهها و نمودارها معمولاً با فرمت های مختلفی مانند، shp، tiff، fig، dwg، jpg ارائه می گردند.
 - داده های خام با پردازش شده معمولاً با پسوند dat یا txt انتشار میابند.
- به طور کلی فایل خروجی هرگونه داده رقومی از اصل گزارش گرفته تا نقشهها و نمودارها باید به صورت باشد که با برنامه های عمومی و متداول موجود در بازار قابل باز کردن و رؤیت باشد و به هیچ وجه نباید برای استفاده از آنها نیاز به برنامه های تخصصی (که در دسترس همگان نیست) باشد.

پ-۱-۳ روش مغناطیس سنجی

ارائه نتایج حاصل از انجام مطالعات ژئوفیزیک در گزارش آن صورت می پذیرد. بک مزارش ژئوفیزیک بایستی تا حد امکان تمامی اطلاعات به دست آمده از انجام پروژه ژئوفیزیک را به خواننده منتقل کند. با توجه به اینکه هدف از تهیه گزارش مستند کردن فعالیت های صورت گرفته است، بایستی به گونه ای نوشته شود که اولاً تمامی نتایج به دست آمده از مطالعه را منتقل کند و ثانیاً تا سالها بعد قابل استفاده باشد. به عبارت دیگر نتایج حاصل از انجام مطالعات ژئوفیزیک بایستی به عنوان یک لایه اطلاعاتی برای آیندگان قابل استفاده باشد. بدین منظور برای نگارش یک گزارش استاندارد به ایمنی نکاتی مدنظر قرار گیرد. یک گزارش ژئوفیزیک علاوه بر روان بودن نثر آن بایستی به ترتیب شامل قسمت های زیر باشد:

پ-۱-۳-۱ صفحات اولیه گزارش

صفحات اولیه گزارش شامل طرح روی جلد و صفحه عنوان تشکر و قدردانی، چکیده. فهرست مطالب، اشکال و جداول است. صفحه عنوان شامل عنوان گزارش، آرم شرکت های کارفرما و پیمانکار (مشاور) نام تهیه کنندگان و مجری و تاریخ تهیه می باشد. در صفحه تشکر و قدردانی از تمام کسانی که در انجام پروژه گروه ژئوفیزیک را یاری نموده و یا خدماتی ارائه کرده اند. در صورت نیاز در این بخش سپاسگزاری می شود عمدتاً چند سطر در چکیده گزارش بایستی به صورت خلاصه هدف از انجام مطالعات روش های گردآوری اطلاعات و نتایج به دست آمده در حدود یک صفحه بیان نمود.

پ-۱-۳-۲ مقدمه و اطلاعات اولیه

در مقدمه گزارش به صورت مختصر نوع برداشته و شبکه بر دانست و مساحت محدوده مورد مطالعه، تاریخ های عقد قرارداد و برداشت داده های هدف از انجام عملیات صحرایی، اطلاعات کارفرما و موقعیت محدوده برداشت آورده می شود. همچنین حجم عملیات صحرایی به صورت کمی از قبیل تعداد نقاط بر دانسته در این بخش ذکر می شود. علاوه بر این مختصری از پیکربندی گزارش و فصل بندی مطالب در این بخش آورده می شود.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه با ذکر جزئیاتی از حمله شهرها و روستاهای مجاور. همچنین راههای دسترسی. نوع آنها و فواصل هر یک از آنها در بخشی دیگر آورده می‌شود. نمایش محدوده مورد مطالعه بر روی نقشه راهها و عکسهای ماهواره‌ای در این راستا بسیار مفید می‌باشد.

با توجه به اهداف پروژه و نوع آن اطلاعات پایه از قبیل آب‌شناسی زمین‌شناسی عمومی و اقتصادی، تکنونیک باستان‌شناسی زیست‌محیطی و غیره به همراه نقدهای متناظر آنها در یک بخش مجزا آورده می‌شود. علاوه بر این مختصات محدوده برداشت و مشخص کردن آن بر روی نقشه‌های پایه از قبیل نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و غیره می‌تواند به گویا بودن گزارش کمک کند.

پ-۱-۳-۳ تئوری روش مغناطیس‌سنجی

مختصری از تئوری روش مورد استفاده در پروژه در یک فصل مجزا آورده می‌شود. بایستی سعی شود مطالب ارائه‌شده در این بخش تا حد امکان کاربردی بوده و اطلاعات آن حتی برای افراد ناآگاه به روش مغناطیس‌سنجی قابل استفاده باشد. با توجه به هدف مورد مطالعه جداولی از مقادیر مغناطیس سنگ‌ها و کانی‌ها آورده می‌شود.

پ-۱-۳-۴ اندازه‌گیری داده‌ها و نحوه پردازش آنها

تجهیزات مورد استفاده و مشخصات فنی آنها به همراه تصاویری از آنها در حین اندازه‌گیری داده‌ها در پروژه در یک بخش آورده می‌شود. همچنین مشخصات شرکت سازنده دستگاه مدل نوع، دقت و قابلیت آنها معرفی می‌گردد.

نحوه انجام عملیات صحرائی از جمله امتداد پروفیل‌های برداشت. فاصله نقاط و پروفیل‌ها آورده می‌شود. همچنین نحوه شبکه‌بندی محدوده مورد مطالعه و نام‌گذاری ایستگاه‌ها در بخشی مجزا آورده می‌شود. ارائه نقشه موقعیت مکانی ایستگاه‌های برداشت و موقعیت آنها بر روی تصاویر ماهواره‌ای و همچنین تصاویری از محدوده برداشت در این بخش بسیار مفید است.

پ-۱-۳-۵ ارائه نقشه‌ها مقاطع و تفسیر آنها

عمده‌ترین قسمت گزارش فصلی است که در آن نقشه‌ها و مقاطع ارائه می‌شوند. نقدها و مقاطع با مشخصات مورد نظر در این فصل آورده شده و با استفاده از اطلاعات و ابزارهای موجود تفسیر می‌شوند. در این فصل تفسیر هر یک از نقشه‌ها به صورت مجزا و یا در کنار نقش‌های دیگر و یا به صورت تلفیقی در صورت استفاده از دیگر روش‌های ژئوفیزیکی آورده می‌نمود. در صورت لزوم پیشنهادهایی نظیر ارائه نقاط حفاری با رسم بر روی مقاطع، در این فصل آورده می‌نمود.

پ-۱-۳-۶ نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج حاصل از تفسیر در انتهای گزارش آورده می‌شوند نتیجه‌گیری باید خلاصه‌ای جامع از نتایج به دست آمده باشد و با توجه به نوع و مقیاس مطالعه صورت گرفته می‌توان نواحی امیدبخش را مشخص نمود. برای این منظور می‌توان نواحی امیدبخش را به همراه مختصات آن‌ها و شماره بی‌هنجاری‌های موجود در نقشه‌های فصل قبلی به ترتیب اولویت مشخص نمود. همچنین با توجه به مرحله انجام مطالعه برای انجام مطالعات تکمیلی و با مراحل بعدی اکتشاف. پیشنهادهایی در این بخش ارائه می‌شود. مشخص کردن محل حفر ترانسه و اولویت آن‌ها و با معرفی مناطق برای بازبینی‌های صحرایی و انجام مطالعات تکمیلی نظیر بی جویی‌های عمومی و انجام مطالعات تکمیلی ژئوفیزیک و دیگر روش‌ها می‌تواند در این قسمت ارائه نمود

پ-۱-۳-۷ صفحات انتهایی گزارش

صفحات انتهایی گزارش شامل فهرست منابع پیوست‌ها (در صورت نیاز). چکیده انگلیسی اختیاری، صفحه عنوان انگلیسی اختیاری است

منابع تئوری روش، برخی روابط و فرمول‌های موردنیاز، همچنین شکل‌ها و نقادهایی که از مراجع دیگر در گزارش آورده شده بایستی در فهرست منابع آورده شود. برخی از نقشه‌ها و مقاطع ثانویه، بین زمینه تئوری و محاسباتی نظیر انجام پردازش‌های مورد استفاده، مختصات نقاط برداشت و دیگر اطلاعات موجود می‌توانند در پیوست گزارش آورده شوند. چکیده انگلیسی و صفحه عنوان انگلیسی در صورت وجود صفحات انتهایی گزارش را تشکیل می‌دهند

پ-۱-۳-۸ فایل‌های همراه با گزارش نهایی

- فایل گزارش نهایی با پسوند pdf و docx
- مختصات ایستگاه‌های برداشتی و راه‌های دسترسی به محدوده با پسوند gdp و gpx و xlsx
- داده‌های برداشتی به تفکیک تاریخ برداشت و با فرمت‌های نرم‌افزار تخلیه دستگاه (در صورت وجود) و نرم‌افزار اکسل به صورت که داده‌های خام و ویرایش شده در دو فولدر مجزا قرار گیرند.
- تصاویر، نقشه‌ها و مقاطع موجود در گزارش با پسوندهای تصویری شناخته شده نظیر JPEG Bitmap و ...
- فایل‌های مربوط به پردازش و تفسیر هر پروفیل، نقشه یا مقطع ۳ بعدی در نرم‌افزارهای مرتبط نظیر، Global mapper ، Arc GIS، Geosoft و ... در فولدرهای جداگانه و مشخص
- تمامی اطلاعاتی که به منظور انجام پروژه جمع‌آوری شده‌اند. نظیر نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی عکس هوایی اطلاعات گمانه و چاه‌های منطقه و تصاویر برداشتی در حین انجام مطالعه در فولدرهای مجزا

پ-۱-۴ روش لرزه‌نگاری انکساری

گزارش لرزه‌نگاری انکساری باید شامل قسمت‌های زیر باشد.

پ ۱-۴-۱ صفحات اولیه گزارش

صفحات اولیه گزارش شامل طرح روی جلد و صفحه عنوان تشکر و قدردانی، چکیده فهرست مطالبه اشکال و جداول است. صفحه عنوان شامل عنوان گزارش، آرم شرکت‌های کارفرما و پیمانکار مشاور، نام تهیه‌کنندگان و مجری و تاریخ تهیه می‌ماند. در صفحه تشکر و قدردانی از تمام کسانی که در انجام پروژه گروه ژئوفیزیک را یاری نموده و با خدماتی ارائه کرده‌اند. در صورت نیاز در این بخش سپاسگزاری می‌نمود (عمدتاً چند سطر) در چکیده گزارش بایستی به صورت خلاصه هدف از انجام مطالعات روش‌های گردآوری اطلاعات و نتایج به دست آمده در حدود یک صفحه بیان شود.

پ ۱-۴-۲ مقدمه

در این بخش به صورت مختصر نوع برداشت انجام شده، تاریخ برداشت، هدف از انجام عملیات صحرائی، نام کارفرما و موقعیت محدوده برداشت ذکر گردد. همچنین حجم عملیات صحرائی از قبیل تعداد پروفیل‌های برداشت شده، طول پروفیل برداشت و تعداد شات‌های انجام شده در هر پروفیل باشید مشخص باشد. مشکلات به وجود آمده در عملیات مانند عوارض طبیعی در محدوده برداشت در اینجا باید ذکر شود.

پ ۱-۴-۳ منطقه برداشت

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه، راه‌های دسترسی وضعیت آب و هوایی منطقه در زمان برداشت داده، موقعیت زمین از نظر رطوبت در زمان انجام عملیات، روابط اجتماعی سیاسی اقتصادی، مختصری از زمین‌شناسی منطقه و نقشه‌های مناظر آن‌ها در این بخش می‌تواند ارائه نمود. همچنین مختصات محدوده برداشت و در صورت نیاز مشخص کردن آن بر روی نقشه‌های پایه از قبل نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و غیره می‌تواند به گویا بودن گزارش کمک نماید.

پ ۱-۴-۴ بخش عملیات لرزه‌نگاری انکساری

این بخش باید تعاملی نوع دستگاه ثبات و کارخانه و کشور سازنده دستگاه. مشخصات فنی دستگاه. نوع چشمه مورد استفاده عمق چاله‌های انفجاری. وزن دینامیت مصرفی در هر انفجار، فواصل بین گیرنده‌ها، نقشه شماتیک موقعیت گیرنده‌ها و نقاط جمعه در هر پروفیل تعداد تکرار نقاط برداشت شده در هر نقطه انفجاری، تعداد کانال‌های برداشت شده در هر انفجار، نقشه زمین‌شناسی منطقه و موقعیت پروفیل‌های برداشت شده بر روی نقشه و موقعیت جاده‌ها و تأسیسات سطحی از نظر تولید سطح نويز در ناحیه باشد.

پ ۱-۴-۵ بخش پردازش داده‌های لرزه‌نگاری انکساری

این بخش نیز باید شامل فواصل زمانی بین نمونه‌گیری از داده‌ها در زمان عملیات، رد لرزه‌های برداشت‌شده در تمامی اندازه‌گیری‌های مشخص کردن رد لرزه‌های نوفه‌ای و علت آن مشخص کردن شماره رد لرزه‌های حذف‌شده به دلیل نوفه‌ای بودن و مشخص کردن رد لرزه‌های حذف‌شده در عملیات باشد.

پ ۱-۴-۶ بخش تفسیر داده‌های لرزه‌نگاری انکساری

این بخش باید تمامی جدول اولین زمان رسید کلیه رد لرزه‌های برداشت‌شده منحنی‌های زمان مسافت را سهم شده در هر پروفیل به صورت مجزا، جداول محاسبات سرعت و عمر لایه‌ها در هر گیرنده، رسم مقطع عمقی با نمایش مقدار سرعت امواج مکانیکی در هر لایه با مقیاس مشخص در هر پروفیل به صورت مجزا باشد. همچنین در صورت تفسیر لایه‌های شیب‌دار باید عمق و شیب لایه‌ها در مقاطع مختلف مشخص شده باشد. همچنین اگر تفسیر داده‌ها با نرم‌افزار کامپیوتری انجام نشده باشد، باید کلیه فایل‌های خروجی با فرمت نرم‌افزار تفسیری مورد استفاده و جداول با فرمت نرم‌افزار Excel به صورت فایل ضمیمه بر روی CD، ضمیمه گزارش مربوطه باشد و کل گزارش نیز با فرمت PDF درون CD موجود باشد.

پ ۱-۴-۷ صفحات انتهایی گزارش

صفحات انتهایی گزارش شامل فهرست منابع، پیوست‌ها (در صورت نیاز)، چکیده انگلیسی (اختیاری) صفحه عنوان انگلیسی اختیاری است. منابع تئوری روش، برخی روابط و فرمول‌های مورد نیاز، همچنین شکل‌ها و نقشه‌هایی که از مراجع دیگر در گزارش آورده شده، بایستی در فهرست منابع آورده شود. برخی از نقدها و مقاطع ثانویه، بیش زمینه تئوری و محاسباتی نظیر انجام پردازش‌های مورد استفاده مختصات نقاط برده است و دیگر اطلاعات موجود می‌توانند در پیوست گزارش آورده شوند. در چکیده انگلیسی و صفحه عنوان انگلیسی در صورت وجود، صفحات انتهایی گزارش را تشکیل می‌دهند.

پ ۱-۵-۱ روش گرانی سنجی

گزارش گرانی سنجی باید شامل قسمت‌های زیر باشد.

پ ۱-۵-۱-۱ صفحات اولیه گزارش

صفحات اولیه گزارش شامل طرح روی جلد و صفحه عنوان تشکر و قدردانی، چکیده، فهرست مطالبه اشکال و جداول است. صفحه عنوان شامل عنوان گزارش، آرم شرکت‌های کارفرما و پیمانکار مشاور، نام تهیه‌کنندگان و مجری و تاریخ تهیه می‌ماند. در صفحه تشکر و قدردانی از تمام کسانی که در انجام پروژه گروه ژئوفیزیک را یاری نموده و با خدماتی ارائه کرده‌اند. در صورت نیاز در این بخش سپاسگزاری می‌نمود (عمدتاً چند سطر). در

چکیده گزارش بایستی به صورت خلاصه هدف از انجام مطالعات روش‌های گردآوری اطلاعات و نتایج به دست آمده در حدود یک صفحه بیان نمود.

پ-۱-۵-۲ مقدمه

در این بخش به صورت مختصر نوع برداشت انجام شده، تاریخ برداشته هدف از انجام عملیات صحرائی. نام کارفرما و موقعیت محدوده برده است آورده می‌شود. همچنین حجم عملیات صحرائی به صورت کمی از قبیل تعداد نقاط برداشته مساحت و تعداد ایستگاه‌های پیمایش آورده می‌نمود. در صورت وجود اطلاعات ژئوفیزیکی که در گذشته برداشت شده توضیحی در خصوص آن‌ها ارائه می‌شود. مشکلات موجود در برداشته‌ها مانند موانع، عوارض طبیعی در محدوده برداشت در اینجا اشاره می‌شوند

پ-۱-۵-۳ موقعیت محدوده پیمایش و زمین‌شناسی منطقه

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه راه‌های دسترسی وضعیت آب‌وهوایی تشریحی از زمین‌شناسی منطقه به همراه نقشه‌های موجوده مختصات محدوده بر دانست و در صورت نیاز جانمایی آن بر روی نقشه‌های پایه از قبیل نقشه‌های توپوگرافی زمین‌شناسی و غیره می‌تواند به کوبا بودن گزارش کمک کند

پ-۱-۵-۴ معرفی روش و تجهیزات مورد استفاده

در این بخش روش ژئوفیزیکی مورد استفاده و نوع پیمایش به طور مختصر توضیح داده می‌شود. تجهیزات و ویژگی‌های کاربردی آن‌ها به صورت مختصر معرفی نمود. همچنین شرکت سازنده دستگاه، مدل، نوع، دقت و قابلیت آن‌ها معرفی می‌نمود.

پ-۱-۵-۵ نحوه انجام عملیات صحرائی

در این بخش فعالیت‌های صورت گرفته صحرائی به طور کامل شامل طراحی نقاط انتقال ایستگاه مبنا، نحوه برداشت داده‌ها، تعداد پروفیل‌ها و تعداد ایستگاه‌های منظم با نامنظم بودن شبکه نقاط و محدودیت‌های صحرائی آورده می‌شوند

پ-۱-۵-۶ معرفی پردازش‌های بکار رفته بر روی داده‌ها

با توجه به تنوع پردازش‌های قابل انجام، پردازش‌های صورت گرفته بر روی داده‌ها معرفی شده و نحوه انجام تصحیحات و پردازش توضیح داده شود. در صورت گسترده بودن پردازش انجام شده، می‌توان پیش‌زمینه تئوری و محاسبات صورت گرفته را بدصورت پیوسته در انتهای گزارش ضمیمه نمود.

پ-۱-۵-۷ ارائه نقشه‌ها و تفسیر

نکته‌های حاصلی به صورت کنتری (پربندی) با ارائه مقیاس رنگی مناسب ارائه می‌نمود. همچنین مختصات نقشه‌های حاصل کر دستگاه‌های شناخته شده ارائه نمود. عنوان و مقیاس نقشه، جهت‌های جغرافیایی، تهیه کننده و اطلاعات کارفرما از جمله عواملی است که در گویا بودن نقشه‌ها تأثیر قابل توجهی دارند. در نهایت تفسیر هر یک از نقشه‌ها به صورت مجزا و یا در کنار نقشه‌های دیگر یا به صورت تلفیقی در صورت استفاده از دیگر روش‌های ژئوفیزیکی و تلفیق با اطلاعات زمین‌شناسی توضیح داده می‌شود.

پ-۱-۵-۸ نتایج مدل‌سازی

مدل‌سازی‌ها اطلاعاتی از عمق جرم منشأ بی‌هنجاری تولید می‌کنند که می‌توانند در دو قالب دوبعدی و سه‌بعدی (به شرطی که وارونه‌سازی سه‌بعدی انجام شده باشد) نمایش داده شوند. شکل‌های سه‌بعدی به صورت نمایشی ولی شکل‌های دوبعدی (که می‌توانند حاصلی وارونه‌سازی دوبعدی و یا برش‌هایی از مدل‌سازی سه‌بعدی باشند) به صورت مقاطع دارای توضیحات آورده می‌شوند.

پ-۱-۵-۹ نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این بخش نتایج نهایی به دست آمده از تعبیر و تفسیر با توجه به شرایط زمین‌شناسی منطقه نوشته می‌شود و بر این اساس پیشنهادات جهت ادامه با توقف عملیات، نقاط پیشنهادی جهت حفاری با دیگر عملیات تکمیلی توضیح داده می‌شوند. همچنین لازم است در صورت پیشنهاد حفاری، محل نقاط حفاری روی نقشه‌ها مشخص گردند.

پ-۱-۵-۱۰ صفحات انتهایی گزارش

صفحات انتهایی گزارش شامل فهرست منابع، پیوست‌ها در صورت نیاز، چکیده انگلیسی (اختیاری) صفحه عنوان انگلیسی (اختیاری) است. منابع تئوری روش، برخی روابط و فرمول‌های مورد نیاز، همچنین شکل‌ها و نقادهایی که از مراجع دیگر در گزارش آورده شده بایستی در فهرست منابع آورده شود. برخی از نقشه‌ها و مقاطع ثانویه، بیش از پیش زمینه تئوری و محاسباتی نظیر انجام پردازش‌های مورد اسنقاده مختصات نقاط برداشت و دیگر اطلاعات موجود می‌توانند در پیوست گزارش آورده شوند. در چکیده انگلیسی و صفحه عنوان انگلیسی در صورت وجود صفحات انتهایی گزارش را تشکیل می‌دهند.

پیش‌زمینه تئوری و محاسباتی نظیر انجام پردازش‌های مورد استفاده می‌توانند در بخش پیوست‌ها ارائه شوند. همچنین مختصات نقاط برداشت در شبکه نیز می‌تواند در این بخش آورده شود که در این صورت توضیحاتی در خصوص فایل‌های مربوطه داده می‌شود. اگر نقشه‌ها در متن گزارش به‌عنوان شکل استفاده نشده است. در این قسمت نقشه‌های کامل منطبق بر استاندارد مورد نیاز برای تهیه آن‌ها، آورده می‌شوند.

پ-۱-۵-۱۱ فایل‌های همراه با گزارش نهایی

قالب فرمت داده‌ها و اطلاعات تولیدشده به شرح زیر است:

- ۱- داده‌های رقومی مختصات نقاط طراحی شده با فرمت Ascii، dxf و یا gdb
- ۲- داده‌های رقومی خام برداشت خروجی دستگاه با فرمت Ascii و یا gdb
- ۳- نمونه‌ها به همراه فایل‌ی در خصوص اطلاعات مختصاتی و چگالی (با فرمت xls)
- ۴- داده‌های پردازش شده (با فرمت Ascii و یا gdb)
- ۵- نقشه‌ها (با فرمت pdf با فرمتی که قابل مشاهده در نرم‌افزارهای نمایش تصویر باشد)
- ۶- گزارش (با فرمت doc و یا pdf)