

دستگاه ژئوالکتریک RS-888q



پیشگام تجهیزات بنیان

دستورالعمل اپراتوری دستگاه ژئوالکتریک RS-888q





مشدار

دستگاه ژنوالکتریک با ولتاژ بالا کار می‌کند. در حین کار با دستگاه از چکمه و دستکش عایق استفاده نمایید. پیش از اتصال کابلها و الکترودها از خاموش بودن دستگاه اطمینان حاصل کنید و هنگامی که دستگاه روشن است، از کابلها و الکترودها دور بمانید.

ضمانت

تمامی قسمت‌های دستگاه شامل بخش‌های الکتریکی و الکترونیکی دارای بیست و چهار ماه گارانتی و همچنین ده سال خدمات پس از فروش است.

از آنجایی که طراحی و ساخت دستگاه به طور کامل در داخل کشور انجام گرفته است و هیچگونه وابستگی فنی به خارج از کشور وجود ندارد، زمینه ارائه هرگونه خدمات شامل تعمیر، ارتقا و ... در حداقل زمان ممکن و بدون هیچ قید و شرطی فراهم می باشد.

فهرست

۵	فصل اول
۵	دستورالعمل اپراتوری
۶	مقدمه
۱۰	مشخصات دستگاه
۱۰	عمومی
۱۰	گیرنده (Receiver)
۱۰	فرستنده (Converter)
۱۱	دستورالعمل اپراتوری:
۱۲	روشن و خاموش کردن دستگاه:
۱۶	منوهای نرم افزار
۱۶	صفحه کلید:
۱۷	صفحه اصلی یا صفحه منو
۱۸	تنظیم نور پس زمینه
۱۹	اندازه گیری پتانسیل خودزا
۲۱	اندازه گیری مقاومت الکتریکی زمین
۲۴	بررسی صحت کالیبره دستگاه:
۲۶	خطاهای دستگاه:
۲۸	نمودار گرافیکی منوهای دستگاه
۲۹	فصل دوم
۲۹	سونداز الکتریکی قائم
۳۰	سونداز الکتریکی قائم (V.E.S.)

۳۳	تفسیر منحنی‌های صحرایی
۳۹	فصل سوم
۳۹	پردازش و تفسیر داده‌ها
۴۰	پردازش و تفسیر داده‌ها
۴۰	نقشه موقعیت
۴۱	گستره مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌ها
۴۱	بررسی داده‌های سونداژهای الکتریکی
۴۴	بررسی داده‌های پروفیل زنی الکتریکی به روش Dipole-Dipole

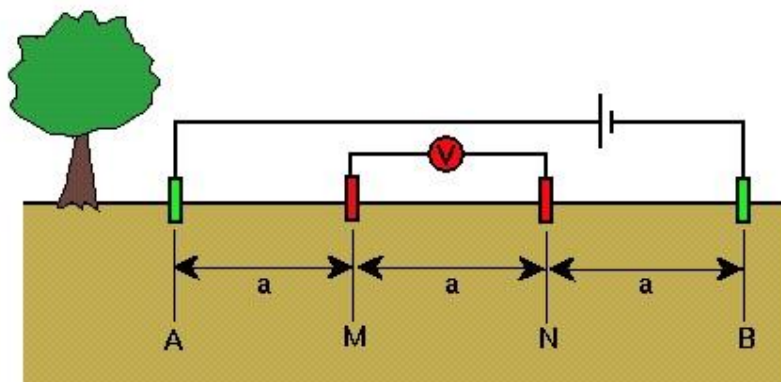
فصل اول

دستور العمل اپراتوری

مقدمه

کاوش‌های الکتریکی، از متنوع‌ترین روش‌های ژئوفیزیکی می‌باشد. این روش کاوش ژئوفیزیکی^۱ بر پایه آشکارسازی اثرهای سطحی حاصل از عبور جریان الکتریکی درون زمین استوار است. با بکارگیری روش‌های الکتریکی می‌توان پتانسیل و میدان‌های الکترومغناطیس را که به‌طور طبیعی در زمین وجود دارند، یا به‌طور مصنوعی در آن ایجاد می‌شوند اندازه‌گیری نمود. از راه‌های گوناگونی می‌توان این اندازه‌گیری‌ها را انجام داد و نتایج مختلف نیز به‌دست آورد، اما تفسیر تمامی این نتایج می‌تواند منجر به شناسایی یک موضوع شود. یکی از ویژگی‌های الکتریکی زمین، وجود تغییرات هدایت الکتریکی در سنگ‌ها و کانی‌ها است. این ویژگی، به‌کارگیری روش‌های الکتریکی را امکان‌پذیر ساخته است. یکی از مهم‌ترین روش‌های الکتریکی روش مقاومت ویژه می‌باشد. این روش می‌تواند اطلاعات زمین‌شناسی زیرسطحی سودمندی فراهم نماید که معمولاً این اطلاعات را نمی‌توان با هزینه کم، توسط روش‌های ژئوفیزیکی دیگر به دست آورد.

اساس روش ژئوالکتریک پاسخ زمین در برابر تزریق جریان الکتریکی است. در این روش مطابق شکل (۱-۱) در نقاط A و B، جریان الکتریکی به زمین تزریق شده و در نقاط M و N اختلاف پتانسیل زمین اندازه‌گیری می‌شود. مقاومت ویژه الکتریکی ظاهری، تابعی از اختلاف پتانسیل اندازه‌گیری شده، مقدار جریان تزریقی و هندسه الکترودهای نصب شده در زمین است. با زیاد کردن فاصله الکترودهای جریان، می‌توان عمق مورد بررسی را افزایش داد. با اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل چند نقطه برای طول فرستنده جریان متفاوت و محاسبه مقادیر مقاومت ویژه ظاهری، می‌توان منحنی مقاومت ویژه ظاهری الکتریکی را برای فواصل متفاوت طول فرستنده جریان ترسیم کرد. با تحلیل و تفسیر این منحنی‌ها، مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌های مختلف زیرسطحی به دست می‌آید. مقاومت ویژه الکتریکی به پارامترهای متفاوت زمین‌شناسی مانند نوع و درصد کانی‌های تشکیل دهنده، میزان رطوبت، درصد اشباع، سطح ایستایی، درصد شوری آب و تخلخل محیط بستگی دارد.



شکل ۱-۱- اساس روش ژئوالکتریک

^۱ Geophysical Investigation

بسته به کاربردهای متفاوت، روش های مختلفی از عملیات ژئوالکتریک انجام می شود که می تواند نتایج قابل قبولی را در مورد اهداف زیر ارائه دهد:

- اکتشاف سفره های آب زیرزمینی جهت احداث چاه آب.
- شناسایی مسیر آب های زیرزمینی
- شناسایی ساختارهای زمین شناسی مانند گسل ها (شیب و امتداد)، چین خوردگی ها، ناپیوستگی ها
- تعیین محل قنات های قدیمی
- اکتشاف منابع مختلف معدنی فلزی و غیر فلزی مانند سنگ نمک، رس، باریت و ...
- تعیین میزان تخلخل سنگ زیرسطحی و میزان نشست
- تعیین محل غارهای کارستی و حفرات موجود در زیر زمین
- شناسایی مناطق آلوده از جمله آلودگی های نفتی و گازی زیر زمینی در اثر ترکیدن لوله های گاز و نفت
- شناسایی شکاف ها و محل های گذر آب ایجاد شده در بدنه سدهای خاکی و بتنی
- بررسی رفتار لایه های سطحی در مقابل زمین لرزه به منظور طراحی سازه ها

در اکتشاف و مطالعه آب های زیرزمینی، روش ژئوالکتریک بیشترین سهم و موفقیت را نسبت به سایر روش های ژئوفیزیکی داشته و به تنهایی می تواند عمق، محدوده یا گسترش جانبی، ضخامت و حجم تقریبی سفره یا ذخیره آب زیرزمینی در یک محل را تعیین نماید. یک لایه غیر قابل نفوذ رسی، که در زیر یک سفره آب زیرزمینی قرار گرفته و یا دو سفره آب زیرزمینی را از هم جدا می کند، به راحتی در روی منحنی های حاصل از یک برداشت ژئوالکتریک به روش سونداژ قابل تشخیص بوده و در نتیجه می توان عمق و ضخامت آن لایه را تخمین زد. به طور کلی روش ژئوالکتریک در بررسی آب های زیرزمینی می تواند اطلاعات با ارزشی فراهم نماید که معمولاً نمی توان این اطلاعات را از روش های دیگر به دست آورد.

در مهندسی عمران نیز از روش مقاومت ویژه به نحو مطلوبی استفاده می شود. در این مطالعات از این روش عموماً جهت مشخص کردن ضخامت آبرفت ها، عمق سطح سفره آبدار، عمق سنگ بستر و شناسایی لایه های رسی در سطحی وسیع استفاده می شود. یکی از موارد استفاده مهم این روش تشخیص همبری های قائم و گسل ها می باشد. هدایت الکتریکی سنگ ها به طور کلی به جنس کانی های تشکیل دهنده آنها بستگی دارد. با توجه به اینکه مقاومت ویژه الکتریکی اغلب کانی ها زیاد می باشد در صورتی که سنگ کاملاً متراکم باشد، مقاومت ویژه الکتریکی زیادی خواهد داشت اما با توجه به خلل و فرج موجود در سنگ ها، میزان مقاومت ویژه الکتریکی آنها می تواند کاملاً متغیر باشد. بنابراین عوامل مؤثر در هدایت الکتریکی یا به عبارت دیگر مقاومت ویژه الکتریکی آنها عبارتند از:

- حجم خلل و فرج موجود در سنگ و میزان شکستگی ها
- وضع قرار گرفتن خلل و فرج سنگ و چگونگی ارتباط آنها با یکدیگر
- حجمی از خلل و فرج سنگ که حاوی آب می باشد
- قابلیت هدایت الکتریکی آب موجود در سنگ و جنس کانی های تشکیل دهنده سنگ

بنابراین مقدار مقاومت ویژه الکتریکی یک لایه بستگی به وضعیت زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه دارد. به عبارت دیگر تفکیک لایه‌ها بر حسب جنس آن‌ها از نظر زمین‌شناسی تنها با به دست آوردن مقاومت ویژه الکتریکی آن‌ها میسر نمی‌باشد و مقاومت ویژه الکتریکی تشکیلات زمین‌شناسی موجود در هر منطقه باید به طور جداگانه تعیین شود.

جدول ۱-۱ - مقاومت ویژه الکتریکی برخی از انواع آب و سنگ

نوع آب یا سنگ	مقاومت ویژه الکتریکی بر حسب اهم‌متر
آب دریا	۰/۲
آب سفره‌های آبرفتی	۱۰-۳۰
آب چشمه طبیعی	۵۰-۱۰۰
شن و ماسه خشک	۱۰۰۰-۱۰۰۰۰
شن و ماسه اشباع از آب شیرین	۵۰-۵۰۰
شن و ماسه اشباع از آب شور	۰/۵-۵
خاک رس	۲-۲۰
مارن	۲۰-۱۰۰
آهک	۳۰۰-۱۰۰۰۰
ماسه سنگ آرژیلیتی	۵۰-۳۰۰
ماسه سنگ - کوارتزیت	۳۰۰-۱۰۰۰۰
سپنریت - توفهای آتشفشانی	۲۰-۱۰۰۰۰
لاوا	۳۰۰-۱۰۰۰۰
شیست گرافیتی	۰/۵ - ۵
شیست آرژیلیتی یا تخریب شده	۱۰۰-۳۰۰
شیست سالم	۳۰۰-۳۰۰۰
گنیس - گرانیت تخریب شده	۱۰۰-۱۰۰۰
گنیس - گرانیت سالم	۱۰۰۰-۱۰۰۰۰

برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی زمین، دستگاه ژئوالکتریک RS-۸۸۸ با استفاده از تکنولوژی روز دنیا توسط شرکت پیشگام تجهیز بنیان در داخل کشور طراحی و ساخته شده است. با توجه به تجربه قبلی در زمینه تعمیر انواع دستگاه‌های ژئوالکتریک و تسلط بر مدارات و سیستم‌های داخلی آن‌ها، سعی شده است که تا حد امکان نقص‌ها و کاستی‌های دستگاه‌های موجود شناسایی و در طراحی و ساخت این دستگاه پوشش داده شود. همچنین به دلیل ارتباط تنگاتنگ با کاربران این نوع دستگاه و نظرجویی از آن‌ها، سعی بر این بوده است تا پیشنهادات مؤثر جهت سهولت استفاده، حمل و نقل آسان و هر آنچه راحتی کاربر را در پی داشته باشد، اعمال گردد.

پارامترهای اساسی دستگاه نیز مانند دقت، صحت، مصرف توان و قدرت خروجی فرستنده همواره مورد توجه بوده و سعی شده است تا به صورتی در نظر گرفته شود تا بتواند به طور کامل نیاز کاربران را برآورده کند. همچنین طراحی و ساخت دستگاه‌های ژئوالکتریک ویژه با پارامترها و ویژگی‌های مورد نظر کاربران جهت کارهای مطالعاتی و خاص امکان پذیر می‌باشد.

مشخصات دستگاه

عمومی

- دارای دو عدد باتری داخلی قابل شارژ (۱۲Ah، ۶V*۲) و قابلیت اتصال باتری خارجی ۱۲ ولت
- جای دادن فرستنده، گیرنده و باتری در داخل یک جعبه کیفی جهت سهولت در حمل و نقل
- خوانش و نمایش همزمان پتانسیل خودزا، ولتاژ، جریان و مقاومت ظاهری یا مقاومت ویژه
- صفحه نمایش کاراکتری جهت نمایش ارقام وحروف با فونت بزرگ
- استفاده از کانکتورها و قطعات مرغوب و بادوام
- ابعاد: ۳۶*۲۵*۱۶ سانتیمتر
- وزن: ۵/۵ کیلوگرم

گیرنده (Receiver)

- رنج بندی اتوماتیک
- دقت اندازه گیری: بهتر از ۱٪
- امپدانس ورودی ۲۰ مگا اهم
- پشته برداری دیجیتال برای کاهش نویز
- رزولوشن اندازه گیری ولتاژ (تئوری) ۳۳۰ نانو ولت
- خنثی کردن SP به صورت اتوماتیک از ۳- تا ۳+ ولت
- محدوده اندازه گیری مقاومت ظاهری از ۰/۰۰۱ اهم تا ۱ مگا اهم
- ولتاژ ورودی از ۵- تا ۵+ همراه با محافظ اضافه ولتاژ تا ۱۰۰۰ ولت

فرستنده (Converter)

- حداکثر جریان خروجی ۱ آمپر (همراه با محافظ اضافه جریان)
- حداکثر ولتاژ خروجی ۴۰۰ ولت
- توان خروجی ۱۰۰ وات

دستورالعمل اپراتوری:

دستگاه ژئوالکتریک RS-۸۸۸ به صورت کاملاً فشرده و مجتمع طراحی و ساخته شده است. در این دستگاه فرستنده، گیرنده و باتری داخل یک مجموعه تعبیه شده‌اند. این نوع طراحی برای دستگاه‌ها و تجهیزات ژئوفیزیک که قابل حمل بوده بسیار کارآمد می‌باشد.

یکی دیگر از مواردی که در طراحی دستگاه همواره مد نظر قرار گرفته سهولت اپراتوری و عملکرد دستگاه بوده است. دستگاه تا حد امکان به صورت خودکار طراحی شده و با انجام حداقل تنظیمات از سوی کاربر قادر به داده‌برداری می‌باشد. همچنین بیشتر منوها مستقیماً قابل دسترسی هستند و تا حد امکان از ایجاد منوهای تو در تو نیز اجتناب شده است. این عوامل به نوبه خود سرعت عمل و دقت در هنگام داده‌برداری و همچنین کاهش خطاهای اپراتوری را باعث می‌گردند.

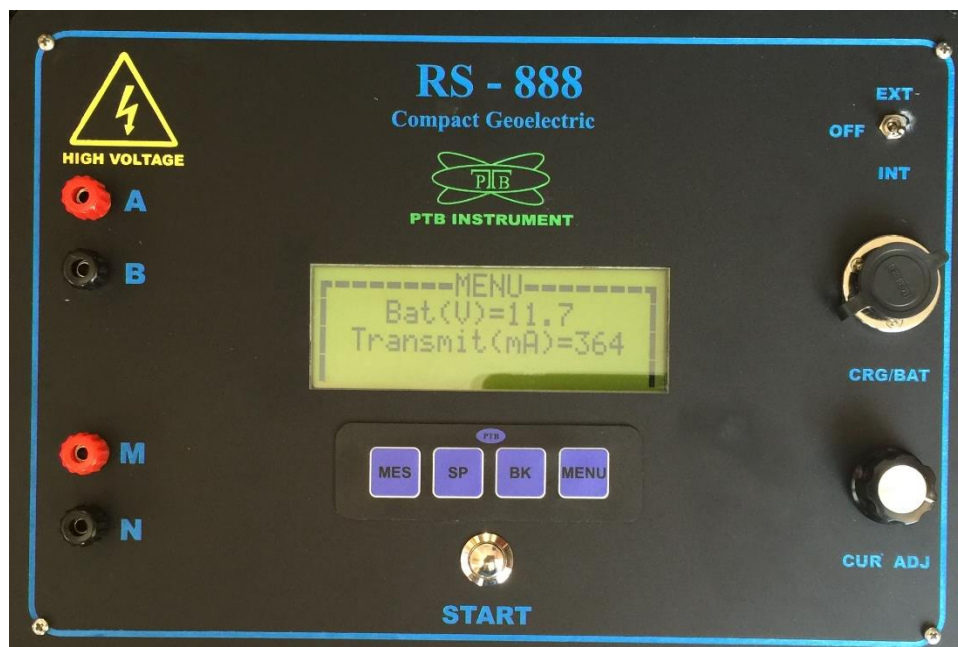
لازم به ذکر است که در انتخاب قطعات پانل و طراحی بدنه دستگاه، ضد آب و گرد و غبار بودن نیز رعایت شده است. کلیه کانکتورها و همچنین نصب پانل به بدنه دستگاه در مقابل نفوذ گرد و غبار مقاوم بوده و تمامی اتصالات بیرون به داخل دستگاه توسط واشرهای لاستیکی مخصوص درزگیری شده است. همچنین جنس بدنه دستگاه و پانل از نوعی پلاستیک فشرده انتخاب شده است تا علاوه بر سبک بودن و مقاوم بودن در برابر ضربه پارامترهای فوق را نیز دارا باشد. در شکل ۱-۲ تصویر کلی از پنل دستگاه نشان داده شده است. برای سهولت آموزش ابزارها و اجزای موجود بر روی پانل را می‌توان به سه گروه تقسیم بندی نمود:

- ۱- ولتاژ ورودی: شامل کلید روشن و خاموش و کانکتور شارژر و باتری خارجی
- ۲- رابط کاربر: شامل نمایشگر، کی‌پد، کلید شروع (Start) و ولوم تنظیم جریان (CUR ADJ)
- ۳- فیش‌های اندازه‌گیری: شامل A, B, M و N

دسته اول شامل ابزارهایی هستند که با ولتاژ تغذیه دستگاه در ارتباط می‌باشند. این ابزارها برای خاموش و روشن کردن دستگاه، تامین ولتاژ توسط باتری خارجی و همچنین شارژ باتری داخلی دستگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند. همانگونه که از این توضیحات نیز مشخص است این ابزارها جهت اندازه‌گیری و یا تنظیمات هیچ نقشی ایفا نمی‌کنند و پس از روشن شدن دستگاه نیازی به آن‌ها نمی‌باشد.

دسته دوم شامل ابزارهایی می‌باشد که توسط آن‌ها تنظیمات و فرمان‌های مورد نظر برای دستگاه از طریق آن‌ها اعمال می‌گردد و همچنین خروجی‌های دستگاه از طریق آن به کاربر نمایش داده می‌شود. مهم‌ترین ابزار این دسته صفحه نمایش می‌باشد. صفحه نمایش اطلاعات دستگاه، اعداد و ارقام اندازه‌گیری شده و همچنین پیغام‌های لازم را برای اپراتور به نمایش درمی‌آورد. کی‌پد دستگاه که جهت ارسال تنظیمات و فرمان مورد استفاده قرار می‌گیرد دارای چهار کلید مجزا بوده که در صفحات بعدی توضیحات مربوط به آن ارایه می‌گردد. کلید شروع (START) یک کلید مجزا بوده که به عنوان یک کلید میانبر مورد استفاده قرار می‌گیرد. آخرین ابزار این دسته ولوم تنظیم جریان است که برای تنظیم جریان فرستنده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

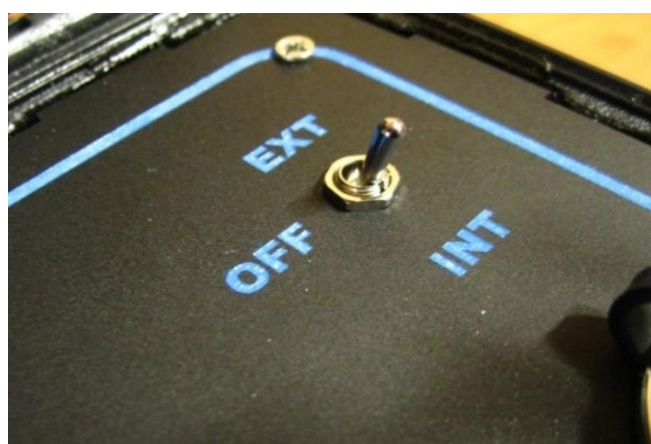
دسته سوم شامل پایانه‌هایی است که از طریق آنها جریان به زمین ارسال شده و ولتاژ زمین دریافت می‌گردد. این کانکتورها و یا پایانه‌ها واسطه بین دستگاه و زمین می‌باشند.



شکل ۱-۲- نمای کلی از پنل دستگاه

روشن و خاموش کردن دستگاه:

کلید اهرمی سه حالتی نشان داده شده در شکل ۱-۳ برای روشن و خاموش کردن دستگاه به کار می‌رود.



شکل ۱-۳- کلید روشن و خاموش

اگر این کلید در حالت وسط (OFF) قرار داشته باشد دستگاه خاموش است. چنانچه کلید به طرف پایین (INT) تغییر حالت داده شود دستگاه با استفاده از باتری داخلی روشن می‌شود. اگر کلید به سمت بالا (EXT) تغییر حالت داده شود، در صورتیکه باتری خارجی به دستگاه متصل شده باشد دستگاه روشن می‌گردد. لازم به ذکر است که ولتاژ باتری خارجی (External Battery) باید ۱۲ ولت باشد. برای این منظور انواع مختلف باتری‌های اسیدی خودرو و یا باتری‌های خشک با ولتاژ ۱۲ ولت می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

برای اتصال باتری خارجی ابتدا کابل اکسترنال باتری که در شکل ۱-۴ نمایش داده شده است، به سوکت (CRG/BAT) متصل می‌گردد. هنگام اتصال کابل اکسترنال باتری به سوکت مربوطه به وضعیت قرار گرفتن زائده روی سوکت دقت شود. بر روی سوکت نری موجود بر روی بدنه دستگاه یک برجستگی در قسمت بالای سوکت وجود دارد. هنگام اتصال کابل فرورفتگی قسمت مادگی سوکت باید دقیقاً مقابل برجستگی آن در سوکت روی پینل قرار گیرد. طرف دیگر کابل اکسترنال باتری دارای دو گیره به رنگ‌های قرمز و مشکی می‌باشد. دقت شود که گیره قرمز باید به قطب مثبت باتری و گیره مشکی باید به قطب منفی باتری متصل گردد.



شکل ۱-۴- کابل اکسترنال باتری

نکته: چنانچه کابل اکسترنال باتری به صورت معکوس به قطب مثبت و منفی باتری متصل گردد، به دلیل وجود مدارات محافظ هیچ آسیبی به دستگاه نمی‌رسد و فقط دستگاه روشن نمی‌گردد.

نکته: آمپرساعت باتری برای دستگاه مهم نمی‌باشد و هرچه آمپرساعت باتری بیشتر باشد انرژی ذخیره شده در آن بیشتر بوده و دیرتر تخلیه می‌گردد.



شکل ۱-۵- کانکتور CRG/BAT

برای شارژ کردن باتری داخلی دستگاه از شارژر ارائه شده به همراه دستگاه که در شکل ۱-۶ نشان داده شده استفاده می‌گردد. شارژر نیز به کانکتور (CRG/BAT) متصل شده و از طرف دیگر نیز به ولتاژ متناوب ۲۲۰ ولت یا ۱۱۰ ولت برق شهر متصل می‌گردد. شارژر دستگاه کاملاً خودکار بوده و پس از شارژ کامل باتری به صورت خودکار روند شارژ کردن باتری را متوقف می‌نماید. بر روی شارژر یک نشانگر LED تعبیه شده است. چنانچه در هنگام اتصال شارژر این نشانگر به رنگ قرمز باشد بیانگر این است که باتری در حال شارژ شدن می‌باشد. پس از شارژ کامل باتری، روند شارژ شدن متوقف می‌گردد و این نشانگر به رنگ سبز تغییر می‌یابد.



شکل ۱-۶- شارژر

در صورتی که ولتاژ باتری به حداقل خود رسیده باشد (در حدود ۱۰/۵ ولت) شارژر شدن کامل دستگاه حدود ۵ ساعت به طول می انجامد. چنانچه ولتاژ باتری بیشتر باشد به منزله این است که انرژی بیشتری در آن ذخیره شده و شارژ شدن آن به مراتب سریعتر به اتمام خواهد رسید.

توجه شود که باتری دستگاه هنگام نو بودن و شارژ کامل به طور متوسط برای سه روز کار مداوم انرژی ذخیره شده دارد. البته شرایط مقاومتی زمین و همچنین عمق برداشت می تواند تا حدی تاثیر گذار باشد. با گذشت زمان کارایی باتری کمتر شده و انرژی کمتری ذخیره می نماید که در نتیجه زمان کارکرد آن را کاهش می دهد. توصیه می شود که باتری دستگاه هر ۱۸ ماه یکبار تعویض گردد.

نکته: چنانچه قرار است دستگاه به مدت بیشتر از یک ماه مورد استفاده قرار نگیرد، بهتر است باتری های به صورت کامل شارژ شده و به تناوب ماهی یک بار این عمل تکرار شود.

نکته: چنانچه خاموش کردن دستگاه فراموش گردد و دستگاه به دلیل اتمام شارژ خود به خود خاموش شود، شارژ باتری داخلی توسط شارژر دستگاه امکان پذیر نخواهد بود. در چنین شرایطی باتری داخلی باید تعویض شده و یا در صورت نو بودن توسط کارشناسان مجاز ریکاوری شود.

منوهای نرم افزار

بلافاصله بعد از روشن شدن دستگاه صفحه اولیه که در شکل (۷-۱) نشان داده شده روی LCD نمایش داده می‌شود. شماره سریال نشان داده شده برای هر دستگاه به صورت اختصاصی بوده و جهت شناسایی و پیگیری دستگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این صفحه تا زمان فشردن یک کلید همچنان نمایش داده می‌شود و بلافاصله پس از فشردن هر کلیدی وارد صفحه بعدی می‌گردد.

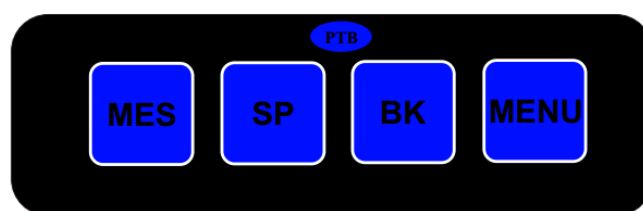


شکل ۷-۱- صفحه اولیه

صفحه کلید:

صفحه کلید (Key Pad) دستگاه از چهار کلید تشکیل شده است. همانطور که در شکل (۸-۱) نیز نمایش داده شده این کلیدها به ترتیب عبارتند از:

- MENU •
- BK •
- SP •
- MES •



شکل ۱-۸- صفحه کلید

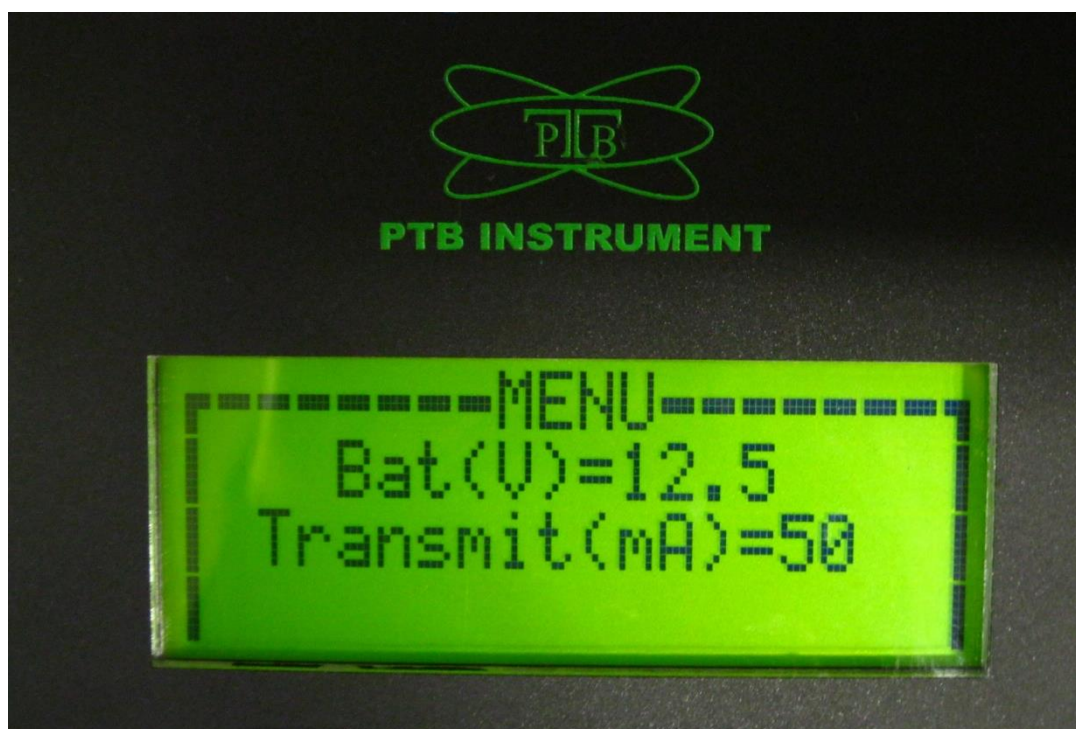
- کلید MENU همانطور که از اسم آن نیز مشخص است برای بازگشتن به صفحه منو مورد استفاده قرار می‌گیرد.
 - کلید BK که مخفف Backlight می‌باشد جهت تنظیم نور صفحه نمایش مورد استفاده قرار می‌گیرد.
 - کلید SP که مخفف Self-Potential می‌باشد جهت اندازه‌گیری و نمایش پیوسته پتانسیل خودزای زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد.
 - کلید MES که مخفف Measurement می‌باشد جهت اندازه‌گیری و نمایش مقاومت الکتریکی زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- کلید START که به صورت تکی در پایین صفحه کلید قرار گرفته، دارای همان عملکرد کلید MES می‌باشد. به دلیل اینکه کلید MES پرکاربردترین و مهمترین کلید بوده، برای دسترسی بهتر و سریعتر کلید START به عنوان میانبر آن در دسترس اپراتور قرار گرفته است.

صفحه اصلی یا صفحه منو

در هر صفحه‌ای که باشیم چنانچه کلید منو فشار داده شود بلافاصله صفحه منو مطابق شکل (۱-۹) به نمایش در می‌آید. در این صفحه ولتاژ باتری و جریان خروجی فرستنده نمایش داده می‌شود.

ولتاژ باتری جلوی عبارت Bat که مخفف Battery می‌باشد بر حسب ولت نشان داده می‌شود. چنانچه دستگاه با باتری داخلی روشن گردد این عدد مربوط به ولتاژ باتری داخلی و اگر با استفاده از باتری خارجی روشن گردد این عدد بیانگر ولتاژ باتری خارجی می‌باشد.

حداکثر ولتاژ باتری در حدود ۱۳ ولت می‌باشد و با مصرف شدن انرژی ذخیره شده در باتری این عدد رو به کاهش می‌گذارد. برای ولتاژ باتری دو محدوده تعریف می‌گردد: محدوده ایمن و محدوده اضطرار. محدوده ایمن به ولتاژ باتری بالاتر از ۱۱/۵ ولت اطلاق می‌گردد. در این محدوده کار کردن با دستگاه بدون هیچ محدودیتی امکان پذیر بوده و تا حداکثر جریان فرستنده می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در محدوده اضطرار که از ولتاژ ۱۰/۵ تا ۱۱/۵ ولت اطلاق می‌گردد، نیز دستگاه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد ولی توصیه می‌شود تا در این محدوده از حداکثر قدرت فرستنده استفاده نگردد. در این وضعیت بهتر است تا متناسب با ولتاژ باتری جریان‌های کمتری به زمین تزریق گردد تا اندازه‌گیری‌ها با حداکثر دقت انجام شود.



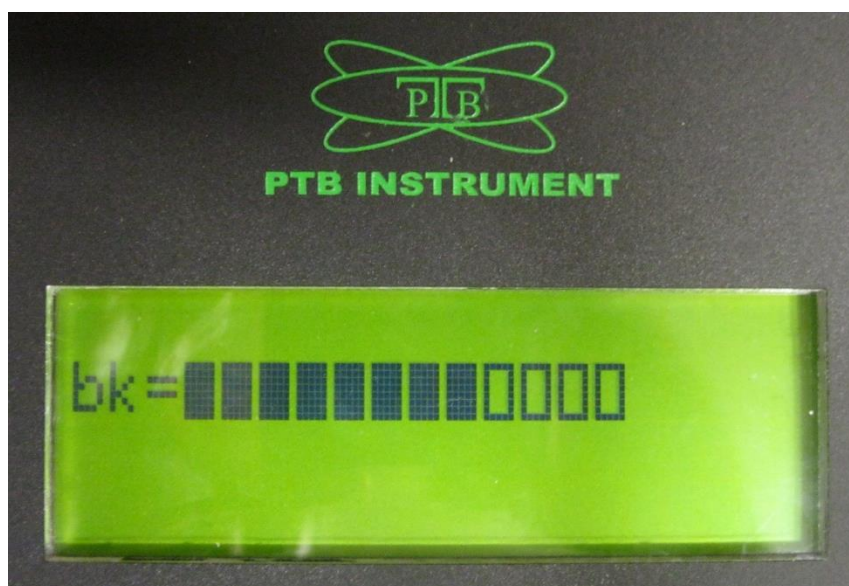
شکل ۹-۱- منوی اصلی

پایین ولتاژ باتری و روبروی عبارت Transmit که مخفف عبارت Transmitter می‌باشد، جریان فرستنده بر حسب میلی آمپر نمایش داده می‌شود. جریان فرستنده توسط ولوم CUR ADJ تنظیم می‌گردد و همزمان مقدار آن نیز در این قسمت نشان داده می‌شود. حداکثر جریان فرستنده ۱۰۰۰ میلی آمپر می‌باشد.

نکته: توجه شود که لزوماً تمامی جریان تنظیم شده به زمین تزریق نمی‌گردد. در بسیاری از موارد جریان تزریق شده به زمین کمتر از جریان تنظیم شده می‌باشد و این به دلیل مقادیر متفاوت مقاومت زمین اتفاق می‌افتد. هر جایی که شرایط زمین به گونه‌ای باشد که برای تزریق جریان به توان بالاتر از ۱۰۰ وات احتیاج باشد، جریان تزریقی به زمین کمتر از مقدار جریان تنظیمی خواهد بود.

تنظیم نور پس زمینه

جهت تنظیم نور پس زمینه صفحه نمایش از کلید BK استفاده می‌شود. با هر بار فشردن این کلید نور پس زمینه بیشتر شده و متناسب با آن درصد بیشتری از نمودار افقی مطابق با شکل (۱-۱۰) تیره می‌شود. وقتی نور پس زمینه به بیشترین مقدار خود برسد، اگر BK دوباره فشرده شود، نور پس زمینه به حداقل مقدار خود برگشته و نمودار افقی نیز کلاً تیره می‌شود. در این حالت دوباره با هر بار فشردن کلید نور پس زمینه مجدداً رو به افزایش می‌گذارد.



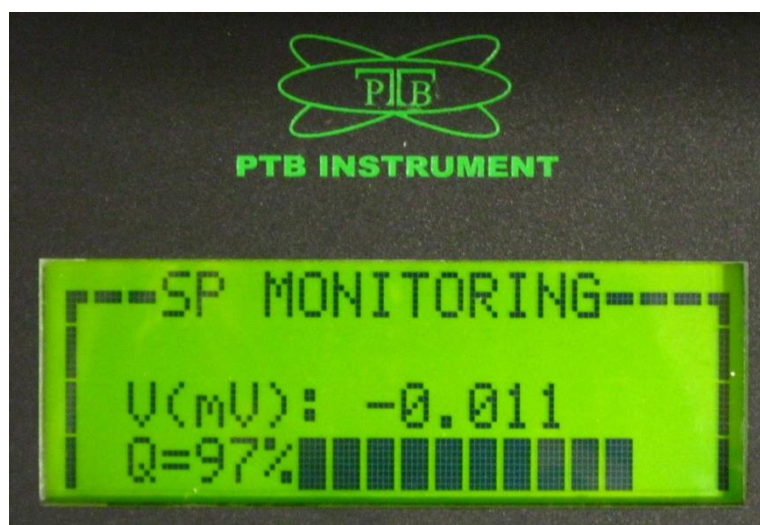
شکل ۱۰-۰۱- تنظیم نور پس زمینه

چنانچه نور پس زمینه لازم نباشد با تنظیم آن روی کمترین مقدار می توان در مصرف باتری صرفه جویی نمود.

اندازه گیری پتانسیل خودزا

کلید SP برای اندازه گیری پتانسیل خودزای زمین مورد استفاده قرار می گیرد. این کلید فقط در حالتیکه در صفحه منوی اصلی قرار داشته باشیم عملکرد خود را انجام می دهد. با فشردن این کلید ابتدا عملیات صفر کردن افسست^۲ به صورت خودکار انجام می گردد. برای انجام این کار ورودی های پایانه خوانش ولتاژ به هم متصل شده و حد صفر دستگاه تنظیم می گردد. پس از این مرحله ولتاژ خودزای زمین به صورت پیوسته قرائت شده و همزمان مطابق شکل (۱-۱۱) نمایش داده می شود. ولتاژ خودزا از طریق پایانه های M و N که با الکترودهای فلزی یا فعال به زمین متصل شده اند به دستگاه منتقل می گردد.

^۲ Zero offset



شکل ۱۱-۰۱- صفحه نمایش SP

ولتاژ نمایش داده شده در مرکز صفحه بیانگر پتانسیل خودزای زمین بوده که بر حسب میلی‌ولت (mV) نمایش داده شده و به صورت پیوسته تازه‌سازی (Refresh) می‌گردد. نمودار افقی میله‌ای موجود در پایین صفحه کیفیت داده‌های پتانسیل خودزا را نشان می‌دهد که از ۰ تا ۱۰۰ درصد تقسیم بندی شده است. برای داده‌برداری صحیح کیفیت داده‌های پتانسیل خودزا از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند و توصیه می‌شود مخصوصاً در فواصل الکترودی طولانی حتماً مورد توجه قرار گیرد.

پس از فروکردن الکتروده به زمین، پتانسیل خودزای زمین معمولاً بلافاصله به حالت پایدار و یا تعادل نمی‌رسد و دارای یک زمان گذرا برای رسیدن به موقعیت تعادل می‌باشد. طول این زمان وابسته به چندین متغیر بوده و در مکان هر الکتروده کاملاً متفاوت و غیر قابل پیش بینی است. برای اندازه‌گیری پتانسیل خودزا و یا حتی اندازه‌گیری مقاومت باید زمان گذرا سپری شده باشد تا بتوان داده‌های درستی خوانش کرد. با کنترل کیفیت داده‌ها در بسیاری از موارد می‌توان به سپری شدن زمان گذرا پی برد. هنگامیکه کیفیت داده‌ها از مقدار پایینی برخوردار باشند مشخص است که زمان گذرا هنوز کاملاً سپری نشده است. البته ناگفته نماند که در برخی موارد عوامل دیگری مانند نویز خطوط ولتاژ برق شهری و یا ناپایداری طبیعی پتانسیل خودزا نیز می‌تواند کیفیت داده‌ها را تحت تاثیر قرار داده و باعث افت کیفیت داده‌ها گردند.

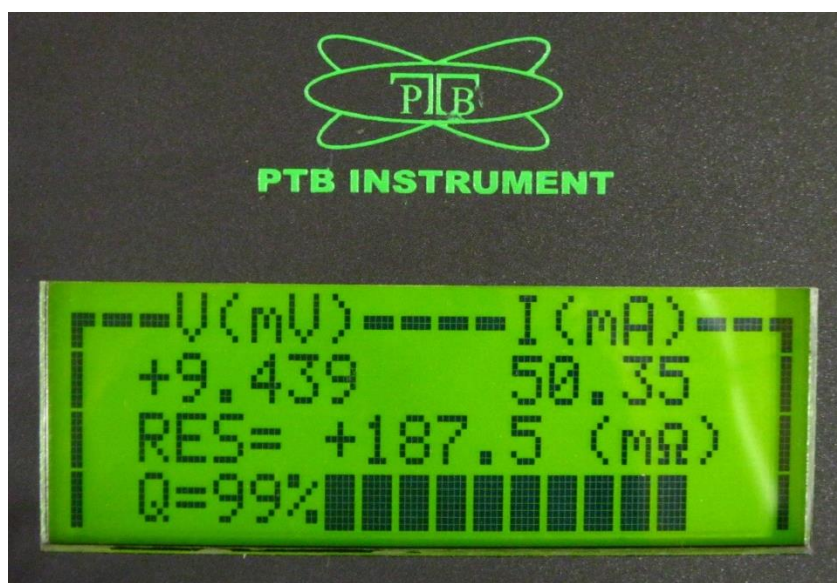
هنگامی که در منوی SP قرار داریم چنانچه کلید SP مجدداً فشرده شود، عملیات صفر کردن افست دوباره انجام شده و سپس اندازه‌گیری SP از سر گرفته می‌شود. در صورت فشردن کلید MES در صفحه SP صفحه مقاومت سنجی و در صورت فشردن کلید MENU صفحه منو فراخوانی می‌شود.

اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی زمین

برای اندازه‌گیری مقاومت زمین از دکمه Mes صفحه کلید و یا کلید START که به صورت تکی در پایین دستگاه تعبیه شده استفاده می‌گردد. عملکرد این دو کلید کاملاً مشابه هم بوده و با توجه به کاربرد بودن و برای دسترسی بهتر و سریعتر کلید START در پایین دستگاه تعبیه شده است. با فشردن یکی از این دو کلید پروسه اندازه‌گیری مقاومت شروع می‌گردد. برای اندازه‌گیری مقاومت باید یک جریان مشخص به زمین تزریق گردد. این جریان توسط فرستنده دستگاه تامین شده و از طریق پایانه‌های A و B به زمین تزریق می‌شود. شدت جریان فرستنده از طریق ولوم CUR ADJ بر اساس شرایط زمین و آرایش الکترودها تنظیم می‌گردد. همزمان با آن ولتاژ زمین از طریق پایانه‌های M و N به دستگاه وارد شده و توسط مدارات تعبیه شده در دستگاه به مقادیر دیجیتال تبدیل می‌گردد. لازم به ذکر است که در داخل دستگاه یک فیلتر سخت افزاری نیز تعبیه شده است که دارای فرکانس قطع ۱۵ هرتز بوده و فرکانس‌های بالاتر از این مقدار از جمله فرکانس برق شهر را تا حد امکان حذف می‌کند. در پروسه اندازه‌گیری مقاومت پتانسیل خودزای زمین به صورت کاملاً خودکار حذف شده، جریان ارسالی به زمین و همچنین ولتاژ برگشتی از آن نیز به صورت همزمان ۱۰ بار اندازه‌گیری می‌گردد. پس از این مرحله همانطور که در شکل (۱-۱۲) نشان داده شده است میزان ولتاژ، جریان، مقاومت و کیفیت آن به صورت همزمان نمایش داده می‌شود.

همانطور که از شکل نیز مشخص است در گوشه سمت چپ بالای صفحه نمایش ولتاژ دریافت شده از زمین برحسب میلی‌ولت نمایش داده می‌شود. این عدد ولتاژ خالص دریافت شده از زمین پس از حذف پتانسیل خودزا است. در گوشه سمت راست صفحه نمایش جریان واقعی تزریق شده به زمین بر حسب میلی‌آمپر نمایش داده می‌شود. مقدار این جریان بر اساس جریان تنظیم شده برای فرستنده می‌باشد. ولی الزاماً این جریان با جریان فرستنده یکسان نمی‌باشد. پس از تنظیم جریان فرستنده عامل تعیین کننده بعدی برای عبور جریان مقاومت الکتریکی زمین محصور شده بین دو الکترود A و B می‌باشد. همواره جریان به حدی از زمین عبور می‌کند که از محدودیت توان فرستنده (۱۰۰ وات) تجاوز ننماید و در صورت وقوع این امر دستگاه به صورت خودکار برای جلوگیری از تحمیل شدن اضافه بار^۳ به دستگاه جریان تزریقی را نسبت به جریان تنظیمی آنقدر کاهش می‌دهد تا همواره توان خروجی دستگاه حداکثر ۱۰۰ وات باقی بماند.

^۳ Overload



شکل ۱-۱۲- صفحه نمایش مقاومت الکتریکی زمین

در وسط صفحه روبروی عبارت ($RES=$) مقاومت الکتریکی زمین بر حسب واحد اهم یا میلی اهم نمایش داده می‌شود. این مقاومت حاصل تقسیم مستقیم ولتاژ دریافتی از زمین بر جریان واقعی تزریقی می‌باشد.

نکته: توجه شود که این عدد مقاومت الکتریکی زمین بوده و برای تبدیل شدن به مقاومت ویژه ظاهری باید در ضریب هندسی الکترودها (k) ضرب گردد.

در پایین صفحه کیفیت داده‌های برداشت شده بر حسب درصد هم به صورت عددی و هم به صورت تصویری به شکل یک گراف افقی نمایش داده می‌شود. این عدد می‌تواند معیار خوبی برای کنترل کیفیت داده‌ها و لزوم و یا عدم لزوم برداشت مجدد باشد. ارزیابی کیفیت داده‌ها بر اساس ضریب کیفیت در جدول (۱-۳) نشان داده شده است.

جدول ۱-۳- ارزیابی کیفیت داده‌ها

ارزیابی داده	ضریب کیفیت
عالی	۹۰-۱۰۰ درصد
خوب	۷۰-۹۰ درصد
متوسط	۵۰-۷۰ درصد
ضعیف	۳۰-۵۰ درصد
بد	۰-۳۰ درصد

چنانچه کیفیت داده‌های برداشت شده کمتر از ۷۰٪ باشد دستگاه سه بوق به صورت گسسته پخش می‌کند تا کیفیت کم داده‌ها را به صورت شنیداری به اپراتور هشدار دهد.

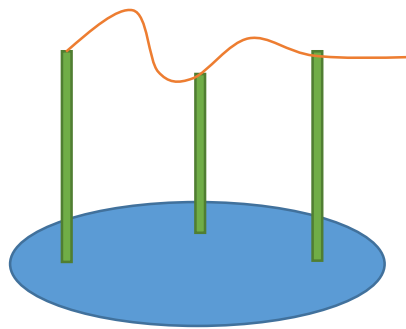
در صورتیکه کیفیت داده‌های برداشت شده مطلوب نباشد برای بهبود کیفیت داده‌ها مراحل زیر می‌توانند انجام گیرند:

۱- در اولین مرحله کیفیت پتانسیل خودزا باید مورد بررسی قرار گیرد. چنانچه داده‌های پتانسیل خودزا کیفیت خوبی نداشته باشند به طبع آن کیفیت داده‌های مقاومت نیز مطلوب نخواهد بود زیرا کیفیت پتانسیل خودزا به طور مستقیم کیفیت داده‌های مقاومت را تحت تاثیر قرار می‌دهد. رعایت نکات زیر در بهبود کیفیت پتانسیل خودزا می‌تواند نقش بسزایی داشته باشد:

- استفاده از الکترودهای قطبش ناپذیر مانند الکترودهای برنجی، الکترودهای کلرید سرب و یا کوزه کات کبود.
- عدم برداشت داده بلافاصله پس از فروکردن الکتروده در زمین. بهتر است تا پس از نصب الکترودها مدت زمانی صبر شود تا واکنش الکتریکی بین الکتروده و محیط پیرامون آن به حالت تعادل برسد.

۲- افزایش شدت جریان فرستنده باید مورد توجه قرار گیرد و جریان فرستنده تا حدی افزایش داده شود که داده‌ها در محدوده کیفیت مطلوب قرار گیرند. چنانچه با افزایش شدت جریان فرستنده افزایش محسوسی در شدت جریان تزریق شده به زمین مشاهده نگردد، مشخص است که مقاومت الکتریکی بین دو الکتروده جریان بالا بوده و برای تزریق جریان باید به نحوی این مقاومت الکتریکی کاهش داده شود تا قابلیت تزریق جریان بیشتر گردد. مقاومت الکتریکی بین دو الکتروده A و B از دو مقاومت تشکیل شده است: مقاومت الکتریکی زمین و مقاومت الکتریکی بین الکترودها و زمین. مقاومت الکتریکی زمین یک مقدار ثابت و غیر قابل تغییر بوده و نمی‌توان دخل و تصرفی در آن داشت. ولی مقاومت بین الکترودها و زمین می‌تواند دستخوش تغییر قرار گیرد و با تمهیداتی می‌توان آن را کاهش داد. با کاهش مقاومت بین الکترودها و زمین قابلیت نفوذ جریان بیشتر شده و می‌تواند باعث افزایش کیفیت داده‌ها گردد. به کارگیری نکات زیر می‌تواند نقش بسزایی در کاهش مقاومت داشته باشد:

- فروکردن بیشتر الکترودها در زمین و استفاده از الکترودهایی با قطر بزرگتر جهت افزایش سطح تماس با زمین.
- سمباده زدن سطح الکترودها جهت از بین بردن اکسید فلز اطراف آنها که در نقش عایق ظاهر می‌گردد.
- استفاده از محلول آب نمک در پای الکترودها برای ارتباط الکتریکی بهتر بین آنها و زمین. بهتر است تا پس از استفاده از آب نمک مدت صبر شود تا خوب به داخل زمین نفوذ کند.
- در محل‌هایی که سطح زمین بسیار خشک می‌باشد بهتر است تا مطابق شکل (۱-۱۳) به جای یک الکتروده چندین الکتروده در یک محدوده نیم متر مربعی در سطح زمین فرو رود و سپس توسط یک سیم به هم متصل شوند. این مجموعه الکترودها نقش یک الکتروده را بازی کرده و باعث کاهش مقاومت تماس می‌گردد.



شکل ۱-۱۳- استفاده از چندین الکتروده به جای یک الکتروده

۳- نزدیکی به خطوط انتقال نیرو نیز می‌تواند به شدت کیفیت داده‌ها را تحت تاثیر قرار دهد. تا حد امکان سعی شود تا موقع برداشت داده از خطوط انتقال نیرو فاصله گرفته شود. در صورتی که فاصله گرفتن امکان پذیر نباشد برای به حداقل رساندن تاثیر ولتاژ القایی از خطوط نیرو بهتر است تا سیم‌های اتصال الکترودها به دستگاه در جهت عمود بر خطوط انتقال نیرو گسترانده شوند.

برای بازگشت از منوی اندازه‌گیری مقاومت به منوی اصلی از کلید MENU و برای تکرار اندازه‌گیری مجدداً از کلید MES استفاده می‌شود.

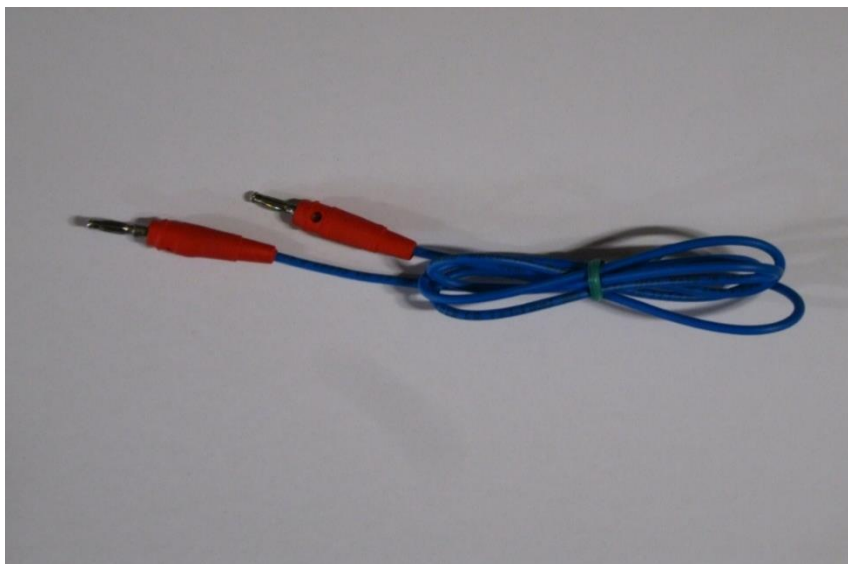
نکته: چنانچه پس از اندازه‌گیری مقاومت جریان تزریق شده کمتر از ۱ میلی آمپر باشد، یکی یا هر دو سیم متصل شده به پایانه‌های A و B دستگاه دارای اتصال ناقص می‌باشد. این امر می‌تواند به دلیل یکی از عوامل زیر ایجاد شده باشد:

- قطعی سیم اتصال بین دستگاه و قرقره‌ها و یا اتصال نامناسب آن با دستگاه یا قرقره.
- قطع شدگی سیم‌های A یا B
- عدم اتصال مناسب بین سیم‌های انتقال جریان و الکترودها
- عدم اتصال مناسب بین الکترودها و زمین.
- از کارافتادن فرستنده دستگاه

بررسی صحت کالیبره دستگاه:

برای بررسی صحت کالیبره دستگاه از جعبه تست ارایه شده به همراه دستگاه استفاده می‌گردد. در داخل جعبه تست که در شکل (۱-۱۴) نشان داده شده، شرایط مقاومت زمین برای مقاومت ۱۰۰ میلی اهم شبیه سازی شده است. همچنین جعبه تست به چهار ترمینال A، B، M و N مجهز شده که در نقش اتصال الکترودهای جریان و پتانسیل می‌باشند. برای بررسی صحت کالیبراسیون، توسط چهار فیش دو سر موزی سوکت‌های A، B، M و N دستگاه را به ترتیب به سوکت‌های متناظر جعبه تست متصل می‌کنیم. سپس جریان فرستنده را بر روی جریان ۵۰

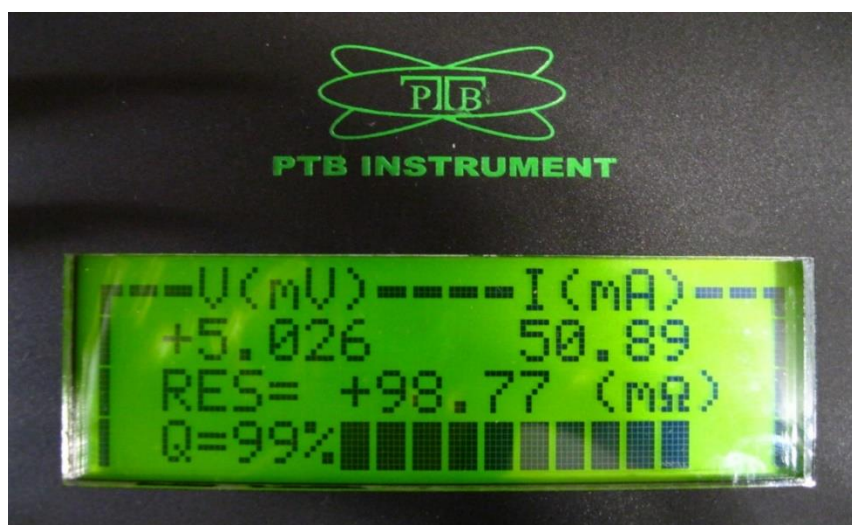
میلی آمپر تنظیم کرده و با فشردن کلید START و یا MES اندازه‌گیری مقاومت را شروع می‌نماییم. در صورت صحت عملکرد و کالیبراسیون دستگاه باید روی صفحه LCD مقاومتی در حدود ۱۰۰ میلی اهم ($\pm 0.5\%$) با کیفیت بالای ۹۵٪ نمایش داده شود.



شکل ۱-۱۴- فیش دو سر موزی



شکل ۱-۱۵- Test Box

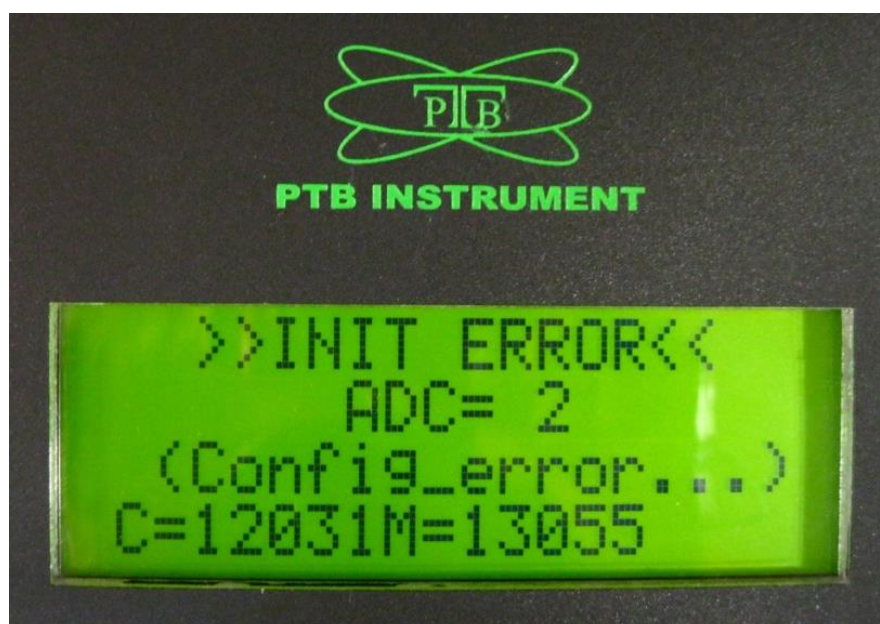


شکل ۱-۱۶- کالیبراسیون

در صورتی که مقاومت اندازه‌گیری شده برابر ۱۰۰ میلی اهم نبوده و با آن اختلاف داشته باشد در مرحله اول باید از صحت اتصالات بین دستگاه و جعبه تست، سیم‌های استفاده شده و همچنین نحوه اتصال اطمینان حاصل شود. در صورت مغایر بودن مقاومت اندازه‌گیری شده پس از اطمینان از صحت موارد ذکر شده، کالیبره دستگاه درست نبوده و باید جهت سرویس به نمایندگی عودت داده شود.

خطاهای دستگاه:

اگر هنگام کار با دستگاه پیغام شکل ۱-۱۷ نمایش داده شود، مشکل مربوط به خطای پیکربندی دیجیتالیزر دستگاه می‌باشد.

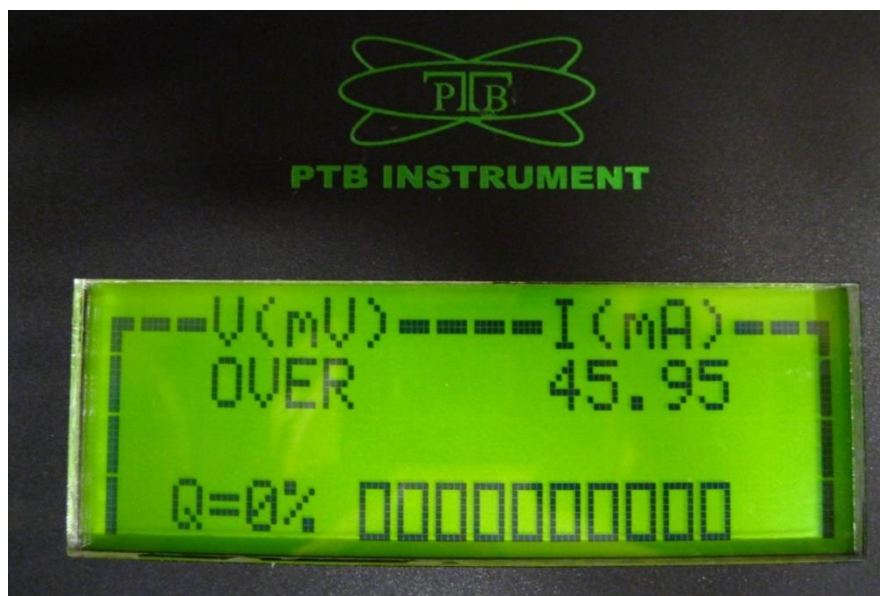


شکل ۱-۱۷- خطای پیکربندی دیجیتالیزر

در این حالت دستگاه را خاموش کرده و پس از ۱۰ ثانیه دوباره روشن می‌کنیم. چنانچه پس از روشن شدن مشکل برطرف نشده باشد، دستگاه باید جهت تعمیر به نمایندگی عودت داده شود.

اگر در منوی اصلی در گوشه سمت راست بالای LCD عبارت "OVT" نمایش داده شود و همچنین دستگاه هر ۱۰ ثانیه یک بار بوق بزند، به این معناست که دمای داخلی دستگاه بیشتر از ۷۰ درجه سانتی گراد شده است. استفاده از دستگاه در این دما مجاز نمی‌باشد و سبب آسیب رسیدن به آن می‌شود. در چنین مواقعی بهتر است تا دستگاه به مدت یک ساعت خاموش شده و پس از خنک شدن دوباره روشن گردد.

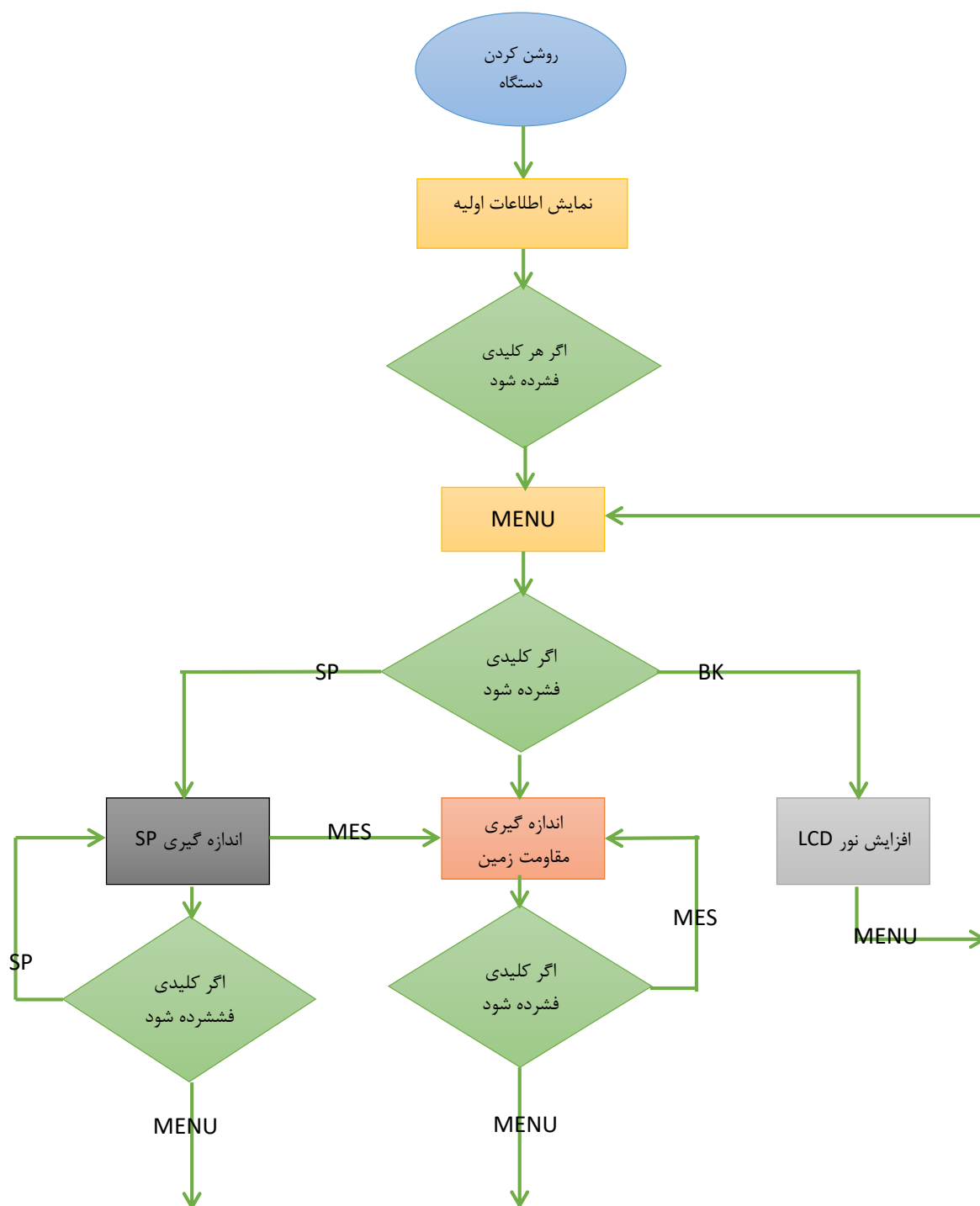
اگر پیغام شکل ۱-۱۸ روی LCD نمایان شود بدین معناست که ولتاژ ظاهر شده بر روی پایانه M و N بیشتر از حد مجاز اندازه‌گیری می‌باشد.



شکل ۱-۱۸-خطای اضافه ولتاژ

ورودی M و N قابلیت تحمل ولتاژ تا ± 1000 ولت را دارا می‌باشد ولی قابلیت اندازه‌گیری ولتاژ تا ± 5 وجود دارد. توجه شود که اولی مربوط به قابلیت تحمل ولتاژ و دومی مربوط به قابلیت اندازه‌گیری ولتاژ می‌باشد. چنانچه ولتاژ اعمال شده بیش از حد قابلیت اندازه‌گیری باشد این پیغام ظاهر می‌گردد. این مساله معمولاً به دلیل تزریق بیش از حد جریان اتفاق می‌افتد. برای رفع این پیغام باید جریان فرستنده را آنقدر کم نمود تا ولتاژ ظاهر شده در محدوده مجاز قرار گیرد. چنانچه با کاهش جریان فرستنده خطا رفع نشد باید سطح تماس الکترودهای فرستنده جریان با زمین کمتر گردد. برای این منظور می‌توان الکترودهای فرستنده را خیلی کم در زمین فرو کرد.

نمودار گرافیکی منوهای دستگاه



شکل ۱-۱۹- نمودار گرافیکی منوهای دستگاه و ارتباط آن‌ها

فصل دوم

سونداژ الکتریکی قائم

سونداژ الکتریکی قائم (V.E.S.)

یکی از روش‌های مرسوم مطالعات ژئوالکتریکی روش سونداژ الکتریکی قائم^۴ می‌باشد، که در آن با افزایش طول الکترودهای جریان، اعماق بیشتری مورد مطالعه قرار می‌گیرد. آرایش‌های الکترودی گوناگونی در این روش مورد استفاده قرار می‌گیرد که از رایج‌ترین آن‌ها می‌توان به آرایه شلومبرژه اشاره نمود که ویژگی بارز آن طول خیلی کمتر الکترودهای اندازه‌گیر MN نسبت به طول الکترودهای جریان AB می‌باشد. با توجه به همین خصوصیت، مقادیر اندازه‌گیری شده توسط این روش، کمتر تحت تاثیر تغییرات جانبی مقاومت الکتریکی قرار گرفته و بیشتر نسبت به عمق تغییرات رفتار منحنی مقاومت الکتریکی ظاهری^۵ سنجیده و بررسی می‌گردد. در چنین حالتی زمین شبیه مدلی با لایه‌های افقی فرض می‌شود که مقاومت ویژه الکتریکی آن در طول یک لایه ثابت است و از لایه‌ای به لایه دیگر به صورت منفصل تغییر می‌کند. چنین مدلی اصطلاحاً به نام «به صورت بخشی^۶ پیوسته» نامیده می‌شود و پارامترهای آن HI (ضخامت لایه) و ρI (مقاومت الکتریکی لایه) می‌باشد. به عبارت دیگر می‌توان با معلوم بودن پارامترهای ضخامت و مقاومت الکتریکی، منحنی مقاومت الکتریکی ظاهری را نسبت به فاصله الکترودی ترسیم نمود. تابع مقاومت الکتریکی ظاهری تحت رابطه زیر با شدت میدان الکتریکی می‌باشد:

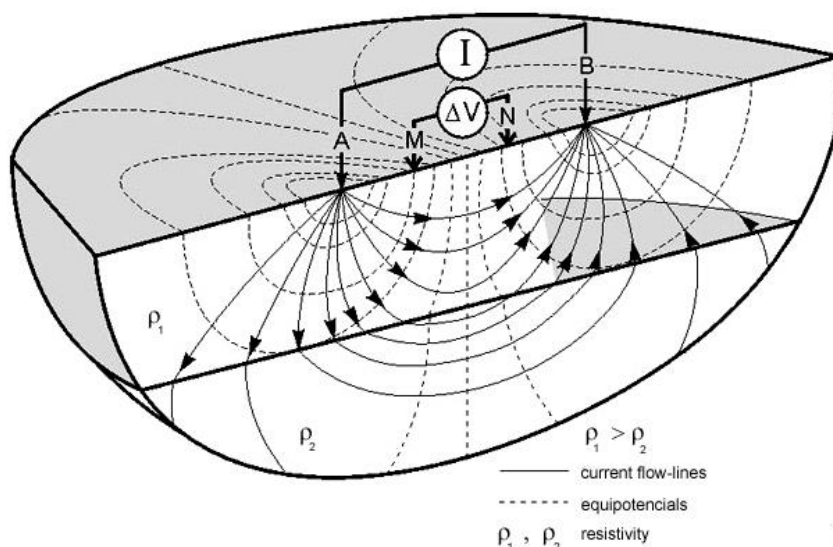
$$\rho_a = E\pi r^2 / I \quad (1)$$

که در آن $r = AB/2$ (برابر نصف طول الکترودهای جریان) و I جریان خروجی بر حسب آمپر (یا میلی‌آمپر) می‌باشد. در توضیح این رابطه باید گفت اگر الکترودهای جریان را به عنوان منبع جریان نقطه‌ای و زمین را یک محیط همگن در نظر بگیریم جریان از منبع نقطه‌ای به صورت شعاعی و به طور یکنواخت در تمام جهات شارش می‌یابد و باعث تشکیل سطوح کروی می‌گردد. اگر منبع نقطه‌ای در داخل زمین باشد، با توجه به یکسان بودن توزیع جریان در تمام نقاط و تقارن سیستم، پتانسیل تنها تابعی از فاصله تا الکترود می‌باشد (Burger و همکاران ۲۰۰۶). بنابراین، برای هر کدام از این سطوح که به فاصله r از منبع نقطه‌ای قرار دارند پتانسیل ثابت خواهد بود (شکل ۱-۲).

^۴ Vertical Electrical Sounding

^۵ Apparent Resistivity

^۶ Segment



شکل ۱-۲- آرایش خطوط هم پتانسیل در اطراف الکترودهای جریان

پتانسیل در هر نقطه به فاصله r از الکترودها، از رابطه زیر بدست می آید:

(۲)

$$V = \frac{\rho I}{4\pi r}$$

با توجه به اینکه الکترودها را با چشم پوشی از بخشی که داخل زمین قرار گرفته است می توان یک منبع در سطح زمین فرض کرد، در این حالت، با توجه به این که مقاومت هوا بی نهایت است، هیچ جریانی به سمت بالا شارش نیافته و تمام جریان به فضای نیم کره واقع در زیر الکترودها منتشر می شود بنابراین تابع پتانسیل به صورت زیر در می آید:

(۳)

$$V = \frac{\rho I}{2\pi r}$$

با انتگرال گیری از تابع پتانسیل نسبت به فاصله از الکترودها، تابع میدان بدست می آید که عبارتست از :

(۴)

$$E = \frac{\rho I}{\pi r^2}$$

که بر اساس این رابطه داریم:

$$\rho = E\pi r^2 / I$$

(۵)

از آنجا که بردار E برابر:

$$\bar{E}_x = -\partial u / \partial x \quad (۶)$$

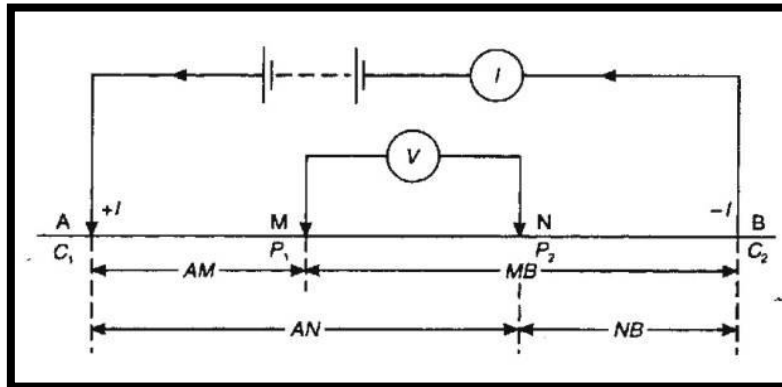
می‌باشد، لذا در عمل تغییرات پتانسیل الکتریکی Δu (بر حسب ولت یا میلی‌ولت) در طول X (فاصله بین الکترودهای اندازه‌گیری MN) اندازه‌گیری شده و معادل بردار شدت میدان الکتریکی در نظر گرفته می‌شوند. بدیهی است که هرچه این فاصله (X) کمتر شود، بیشتر به تعریف ریاضی دیفرانسیل پتانسیل الکتریکی نزدیک شده و دقت بالاتر خواهد بود. محدودیت حاکم در این مورد توان دستگاهی و وجود جریان‌های خطا در زمین می‌باشد. برای یک مدل دو لایه با مقاومت‌های الکتریکی ρ_1 و ρ_2 و ضخامت لایه اول h_1 منحنی مقاومت الکتریکی ظاهری از طریق حل روش تصویر آینه‌ای به صورت زیر خواهد بود:

$$\rho_a = \rho_1 \left\{ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} K_{12}^n r^3 / [r^2 + (2nh_1)^2]^{3/2} \right\} \quad (۷)$$

که در آن $K_{12} = \rho_2 - \rho_1 / \rho_2 + \rho_1$ می‌باشد. منحنی‌های مقاومت الکتریکی به دست آمده از این رابطه وقتی نسبت به ρ_1 رسم شوند به نام آباک‌های دو لایه موسومند که در تفسیر منحنی‌های صحرایی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. ولی از آنجا که منحنی‌های صحرایی با منحنی‌های آباک برازش می‌شوند، اغلب دو لایه نبوده و تحت تاثیر مقاومت الکتریکی لایه‌های پایین‌تر (لایه سوم و چهارم و ...) نیز قرار می‌گیرند، لذا باید تصحیح گردند. این عمل نیز توسط منحنی‌های استاندارد دیگر که به نام‌های A ، K ، H و Q معروفاند صورت می‌گیرد. این روش تفسیر هر چند سالیان متمادی مورد استفاده ژئوفیزیک‌ها بوده ولی با توجه به ویژگی آن (طولانی بودن مدت تفسیر)، دقت پایین (به دلیل طول کم قسمتهایی از منحنی‌های سونداژ صحرایی که با منحنی آباک مورد برازش قرار می‌گیرد و همچنین امکان برازش آن قسمت از شاخه منحنی صحرایی با چند شاخه از منحنی‌های آباک) و در نظر نگرفتن اصل برابری، دارای کاستی‌های عمده است. لذا، برگردان ۱D کامپیوتری روشی است که امروزه بیشتر به آن روی آورده شده است.

تفسیر منحنی‌های صحرایی

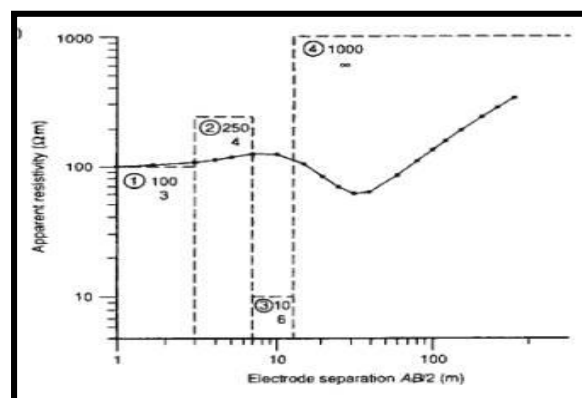
مدار استفاده شده در این مطالعه بصورت زیر می‌باشد :



شکل ۲-۲- مدار الکتریکی مورد استفاده در آرایش الکترودی شلومبرژه

در شکل ۲-۲، A و B الکترودهای جریان هستند و M و N الکترودهای پتانسیل می‌باشند. جریان مستقیم از طریق الکترودهای جریان به زمین منتقل شده و اختلاف پتانسیل از طریق الکترودهای پتانسیل اندازه‌گیری می‌گردد. در برداشت مقاومت ویژه به روش سونداژ زنی معمولاً فاصله الکترودهای پتانسیل کمتر از 0.2 الکترودهای جریان در نظر گرفته می‌شود. طول الکترودهای جریان معمولاً در حدود ۵۰ سانتیمتر بوده و جهت برداشت حدود ۳۰ سانتیمتر از آن داخل زمین قرار می‌گیرد.

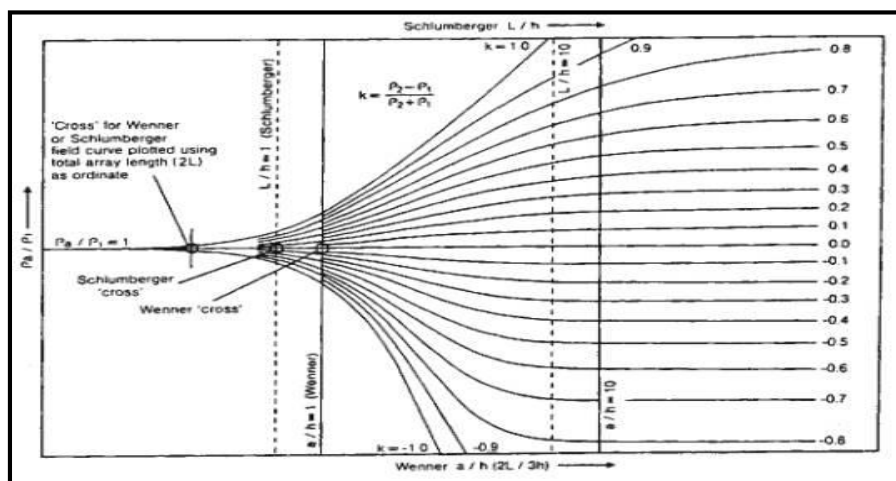
در برداشت مقاومت ویژه به روش سونداژ زنی ρ قرائت شده، مقاومت تمام لایه‌های زمین تا عمق مورد نظر است. برای تفکیک مقاومت هر لایه به طور خاص، ابتدا تمام مقاومت‌های ظاهری برداشت شده نسبت به نصف فاصله الکترودهای جریان در یک نمودار تمام لگاریتمی رسم می‌شود و سپس تفسیر می‌شوند. شکل ۲-۳ نمونه‌ای از این نمودارها را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳- نمونه ای از یک سونداژ رسم شده در نمودار تمام لگاریتمی

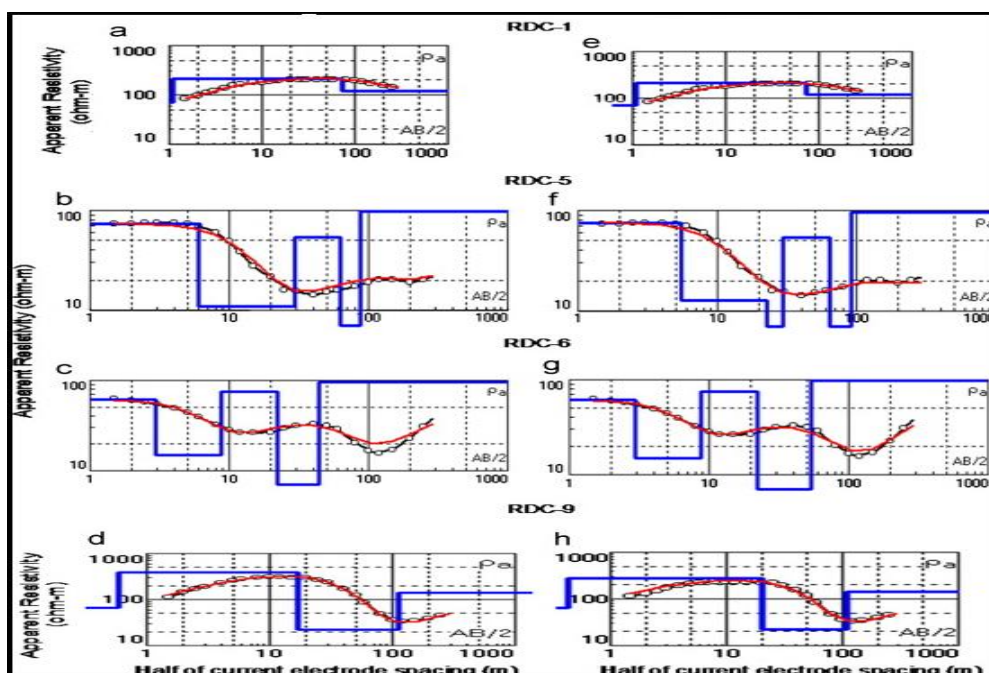
برای یک زمین همگن و همسان گرد بررسی‌ها نشان می‌دهد که ۵۰٪ جریان در بالای یک صفحه افقی با عمق برابر با نصف فاصله الکترودی و ۷۰٪ جریان نیز در بالای عمق برابر با فاصله الکترودی می‌باشد (Burger و همکاران ۲۰۰۶). برای بدست آوردن مقاومت دقیق و واقعی دو روش وجود دارد:

الف- استفاده از نمودارهای استاندارد به صورت دستی (شکل ۲-۴)



شکل ۲-۴- منحنی‌های استاندارد جهت تفسیر سونداژ بصورت دستی (patra, Bhattacharya, ۱۹۶۸)

ب- استفاده از نرم افزار که بر اساس همین منحنی‌های استاندارد تهیه شده‌اند (شکل ۲-۵)



شکل ۲-۵- نمودار سونداژ تفسیر شده توسط نرم افزار IPI۲win

آرایش شلومبرژه به عنوان عمومی ترین آرایش در مطالعات ژئوالکتریکی محسوب می شود. در این آرایش با زیاد کردن طول الکترودهای جریان، عمق نفوذ جریان بیشتر شده و عمق های بیشتری مورد مطالعه قرار می گیرند. در برداشت صحرایی، مقاومت ظاهری در مقابل $\frac{AB}{2}$ (نصف طول الکترودهای جریان) بر روی کاغذ log-log ترسیم می شود. منحنی به دست آمده به عنوان یک منحنی خام شلومبرژه محسوب می شود. اثر ناهمگنی های سطحی بر روی آن تأثیر زیادی دارد. ممکن است با بزرگ کردن طول الکترودهای جریان (AB) و یا الکترودهای پتانسیل (MN)، به علت ناهمگنی جانبی محیط اطراف الکترودها و یا خطا در اندازه گیری، نشت جریان (به عنوان مثال از طریق دکل های فشار قوی برق و یا لخت بودن سیم جریان و اتصال آن به زمین) شیب منحنی بدون اینکه ارتباطی به تغییر شرایط زیرسطحی و لایه های عمقی داشته باشد، تغییر کند. بویژه اگر این ناهمگنی بزرگ باشد (مثلاً وجود یک دایک در کنار یکی از الکترودهای پتانسیل) اثر سطحی نیز بیشتر شده و می تواند ناهمگنی جانبی را به وضوح نشان دهد. این خطاهای سطحی^۷ که در روش ژئوالکتریک (به ویژه سونداژهای افقی) اثر زیادی بر شکل منحنی دارند، در منحنی های سونداژ شلومبرژه به راحتی قابل تشخیص هستند. وجود ناهمگنی در کنار الکترودهای پتانسیل و جریان سبب ظاهر شدن اثرات سطحی و وجود ناهمگنی سطحی کوچک در کنار یکی از الکترودهای پتانسیل (M یا N) و قرارگیری آن در محیطی با مقاومت پایین تر نسبت به مرکز آرایش الکترودی (هنگام بزرگ کردن MN) باعث می شود نقاط اندازه گیری شده در MN های خاصی تغییر مکان^۸ داده شوند. همچنین وجود یک ناهمگنی کوچک در کنار الکترودهای جریان A یا B نیز سبب آشفتگی کوچک و یا بزرگ در منحنی می شود. علاوه بر این در آرایش شلومبرژه فرض بر افقی بودن لایه ها و همگن بودن زمین از جوانب است. بنابراین منحنی های V.E.S. صحرایی باید هموار^۹ شوند، یعنی اثرات سطحی ناشی از ناهمگنی جانبی، خطا در اندازه گیری، نشت جریان و سایر موارد را بر روی آن از بین برده و به عنوان محیطی که از جوانب همگن و لایه ها افقی هستند، تفسیر شوند.

پس از هموارسازی و وارد ساختن اعداد هموار شده به رایانه، منحنی ها تفسیر می شوند. تفسیر منحنی ها با هر نرم افزاری که انجام شود از ظرافت خاصی برخوردار بوده و برای انجام آن نکات بسیاری را باید رعایت نمود.

یکی از مسائل مشکل ساز در تفسیر منحنی های سونداژ اثر توپوگرافی سطح زمین بر روی منحنی ها است. در محاسبات مقاومت ویژه فرض بر صاف بودن زمین است و این فرض می تواند سبب اختلافات زیادی بین پتانسیل های واقعی و پتانسیل محاسبه شده بشود. توپوگرافی باعث پخش جریان در نزدیک سطح شده و آنومالی های هادی یا مقاوم در داده های صحرایی پدید می آورد. وجود دو اصل برابری^{۱۰} و اختفاء^{۱۱} نیز سبب پیچیدگی تفسیر منحنی های سونداژ می شود. در اصل برابری تفکیک دو لایه با وجود متفاوت بودن ضخامت و مقاومت الکتریکی آنها به دلیل تشابه مقاومت عرضی یا هدایت طولی مشکل است. در منحنی های نوع H ($\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$) و یا نوع A ($\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$) اگر ضخامت لایه دوم نسبتاً کم و هدایت طولی (نسبت

^۷ Noise

^۸ Shift

^۹ Smooth

^{۱۰} Equivalency

^{۱۱} Suppression

ضخامت به مقاومت الکتریکی) آن در منحنی‌ها برابر باشد، منحنی‌های سونداژ مشابه ایجاد شده و ضخامت و مقاومت لایه دوم غیرقابل تشخیص خواهد شد (برابری توسط هدایت طولی) و نیز در منحنی‌های نوع $K(p_1 < p_2 < p_3)$ و نوع $Q(p_1 > p_2 > p_3)$ اگر ضخامت لایه دوم نسبتاً کم و مقاومت عرضی (حاصل ضرب ضخامت در مقاومت الکتریکی) آن در منحنی‌ها برابر باشد در این صورت نیز منحنی‌ها تقریباً مشابه همدیگر بوده و تشخیص ضخامت و مقاومت لایه دوم مشکل می‌شود. (برابری توسط مقاومت عرضی).

در اصل اختفاء که ممکن است در منحنی‌های نوع A یا Q اتفاق بیفتد، تشخیص لایه‌ای با ضخامت کم، که مقاومت ویژه آن حد واسط مقاومت ویژه لایه‌های دربرگیرنده آن باشد، مشکل می‌شود. این دو اصل باعث می‌شود که به عنوان مثال یک سفره چندلایه‌ای آب زیرزمینی به صورت یک لایه تفسیر شود و یا در یک سونداژ لایه آبدار قابل تشخیص نباشد. در چنین مواردی نمی‌توان فقط از منحنی‌های سونداژ این لایه‌ها را تشخیص داد و باید مقاطع زمین‌شناسی نیز در دسترس باشد. عملکرد این دو اصل باعث شده یک منحنی بیان کننده چندین مدل ژئوالکتریکی باشد که بهترین مدل بیان کننده شرایط واقعی زمین، از تطابق منحنی‌های سونداژ با اطلاعات زمین‌شناسی محل و لاگ گمانه‌ها و اطلاعات حفاری به دست می‌آید. به همین دلیل در مرحله تفسیر هر پروفیل، ضخامت معلوم لایه‌ها در سونداژهای مجاور گمانه ثابت گرفته و مقاومت آن لایه محاسبه می‌شود.

هرچند با وجود ناهمگنی‌های جانبی، تغییرات توپوگرافی سطح زمین و دو اصل اختفاء و برابری، تفسیر یک بعدی در برخی موارد نتایج کاملاً درستی را بدست نمی‌دهد، اما تفسیر دوبعدی و سه بعدی نیز پیچیده بوده و کاربرد آن عملاً با مشکلات فراوانی روبروست. از آنجا که تفسیر یک بعدی سریع است در جاهایی که تغییرات جانبی کم باشد می‌تواند به کار برده شود و یا از آن به عنوان یک ابزار اولیه برای تفاسیر دوبعدی و سه بعدی استفاده شود که در این صورت باید تغییرات جانبی هموار شوند.

برای تفسیر و برگردان^{۱۲} داده‌های منحنی سونداژ الکتریکی نرم‌افزارهای کامپیوتری مختلفی وجود دارد که دارای الگوریتم کم و بیش مشابهی هستند. ضرایب فیلترهای مقاومت ویژه الکتریکی^{۱۳} بر دقت برآورد این نرم‌افزارها بیشترین تأثیر را می‌گذارد و به همین دلیل محاسبه این ضرایب یکی از ارکان اصلی تهیه نرم‌افزارهای V.E.S است. به سادگی می‌توان به تمایز نرم‌افزارها در داشتن ضرایب دقیق فیلتر پی‌برد. منحنی مدل دولایه‌ای و یا سه‌لایه‌ای با پارامترهای ژئوالکتریکی مشخص، با استفاده از روش تحلیلی^{۱۴} به دست آورده می‌شود، سپس این منحنی با منحنی‌های حاصل از نرم‌افزارهای مختلف مقایسه و مقدار تابع خطا^{۱۵} برآورد می‌گردد.

اساس تفسیر منحنی‌های سونداژ الکتریکی با استفاده از رایانه رابطه ریاضی حاکم بر یک مدل چند لایه‌ای به این صورت تعریف می‌شود:

^{۱۲} Inversion

^{۱۳} Resistivity Filter

^{۱۴} Analytical Method

^{۱۵} Error Function

$$\rho_a(r) = \rho_1 [1 + r^2 \int_0^\infty R_n(\lambda) J_1(\lambda r) d\lambda] \quad (۸)$$

که در آن:

λ : فرکانس فضایی

$J_1(\lambda r)$: تابع بسل از نوع اول و از مرتبه اول از (λr)

$R_n(\lambda)$: تابع کرنل که وابسته به پارامترهای h_i و p_i و n تعداد لایه‌هاست.

انتگرال (۸) به انتگرال هنکل نیز معروف می‌باشد. برای حل عددی آن، با توجه به خاصیت بسیار نوسانی تابع $J_1(\lambda r)$ و میرایی بسیار کم آن، از ضریب‌های خاص به نام فیلترهای مقاومت الکتریکی استفاده می‌شود و دقت محاسبات دقیقاً به تعیین دقیق ضرایب این فیلتر وابسته است. در عمل برای یک منحنی سونداژ مدلی حدس زده می‌شود و منحنی تئوری برای آن رسم می‌شود. این منحنی تئوری با منحنی صحرایی برازش می‌شود. خطای انطباق محاسبه و عملیات کمینه‌سازی تابع خطا به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\varphi = \sum_i^n (\rho_a^n - \rho_a^p / \delta)^2 \quad (۹)$$

که در آن:

pat داده‌های مقاومت الکتریکی تئوری

pap داده‌های تجربی

δ خطای استاندارد مورد قبول

برازش منحنی صحرایی تا جایی ادامه می‌یابد که خطای مورد قبول (δ) به دست آید. در آن صورت می‌توان گفت پردازش داده‌های صحرایی انجام گرفته است. ولی از آنجا که ماهیت داده‌های ژئوفیزیکی یک تابع چند جوابی است به‌چنین پردازشی نمی‌توان عنوان «تفسیر»^{۱۶} داد. در واقع تفسیر داده‌ها موقعی صورت می‌گیرد که با استفاده از توابع کمکی، که در واقع اطلاعات حاصل از مطالعات زمین‌شناسی، گمانه‌ها، اطلاعات روی زمین و مواردی نظیر این‌ها بوده، تابع چند جوابی مقاومت الکتریکی به تابعی یکه از نقطه نظر ریاضی تبدیل گردد. در این صورت است که عملیات برگردان داده‌های صحرایی دارای یک منطق ریاضی خواهد بود.

^{۱۶} Interpretation

فصل سوم

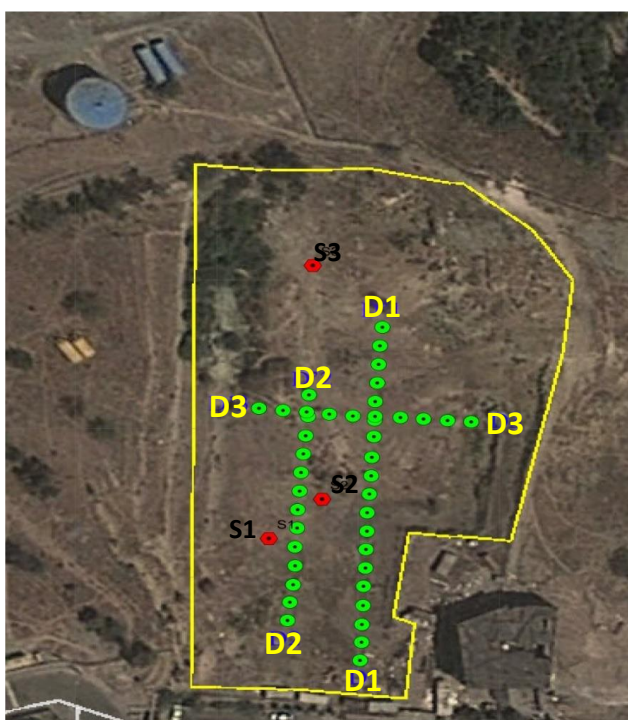
پردازش و تفسیر داده‌ها

پردازش و تفسیر داده‌ها

برای آشنایی بیشتر کاربران با روش ژئوالکتریک، سونداژها، نمودارها، مدل‌سازی، معکوس‌سازی و تفسیر یک نمونه پروژه واقعی که با استفاده از این دستگاه انجام شده است به طور کامل توضیح و تشریح می‌گردد.

نقشه موقعیت

شکل (۱-۳) نقشه موقعیت سونداژهای برداشت شده در محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این مطالعه با توجه به اهداف مورد نظر جهت شناسایی لایه‌های سطحی و همچنین محدودیت فضای موجود در محل، تعداد ۳ سونداژ و ۳ پروفیل به روش‌های شلومبرژه و دوقطبی-دوقطبی برداشت شده است. موقعیت آن‌ها در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.



شکل ۱-۳- موقعیت پروفیل‌ها و سونداژها در محل (امتداد پروفیل‌ها جنوبی-شمالی و شرقی-غربی است)

گستره مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌ها

از بررسی کلیه سونداژها و پروفیل‌های برداشت شده و با در نظر گرفتن اطلاعات زمین شناسی، گستره احتمالی تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌ها در محدوده مورد مطالعه به شرح جدول ۳-۱ می‌باشد.

جدول ۳-۱- گستره مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌ها در محدوده مطالعاتی

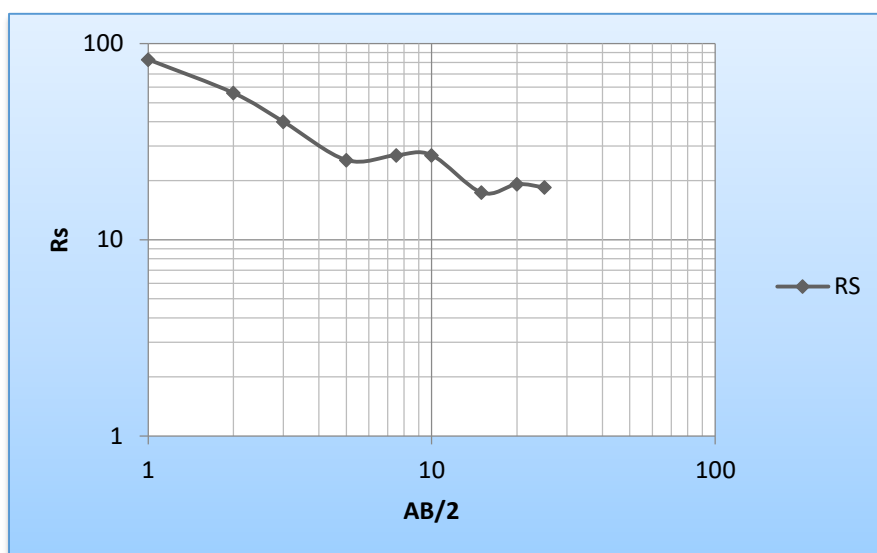
مقاومت ویژه الکتریکی غالب (اهم متر)	لایه
۰-۱۰	رسوبات حاوی آب شور
۱۰-۲۰	رسوبات حاوی آب شیرین
۳۰-۱۰۰	آهک و آهک مارنی
۷۰-۲۰۰	توف آندزیتی و بازالتی
۱۰۰-۱۰۰۰	لایه‌های مقاوم- خاک‌های دستی- حفرات

هر چند بیان دقیق جنس لایه‌های زمین شناسی با توجه به گستره مقاومت ویژه آن‌ها امری پیچیده و در مناطق مختلف متغیر می‌باشد اما با توجه به شرایط زمین شناسی موجود در محل و شواهد سطحی مشاهده شده می‌توان در مورد کلیت موضوع اظهار نظر نمود. در ادامه نمودارها و جداول و نتایج سونداژزنی و پروفیل زنی الکتریکی در محدوده مورد بررسی ارائه شده است.

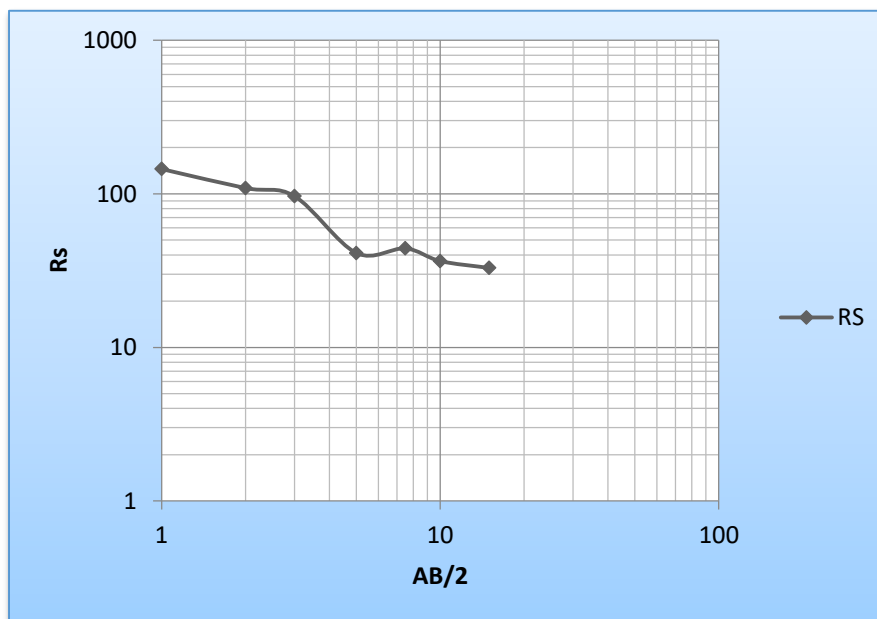
بررسی داده‌های سونداژهای الکتریکی

به منظور بررسی تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی زمین در منطقه مورد مطالعه در سه نقطه S_1 و S_2 و S_3 اقدام به سونداژزنی الکتریکی با طول تقریبی $AB=80$ شده است. از آنجایی که مقاومت ویژه ظاهری را می‌توان به عنوان برآیند مقاومت ویژه الکتریکی ستونی به پهنای فاصله الکترودهای پتانسیل (MN) و به طولی متناسب با طول AB در نظر گرفت (در این بررسی عمق موثر نفوذ جریان متناسب با $AB/4$ در نظر گرفته شده است) لذا هر سونداژ گویای نحوه تغییر این برآیند در سطح منطقه است. به این ترتیب در هر سونداژ می‌توان چگونگی روند تغییرات مقاومت ویژه برای عمق موثر مربوطه را در سطح منطقه مشاهده کرد. از مقایسه نتایج سونداژهای هم مقاومت ویژه ظاهری برای طول‌های AB مختلف می‌توان به چگونگی روند تغییرات مقاومت ویژه با عمق به گونه‌ای کیفی پی‌برد. در لایه ابتدایی مقادیر مقاومت ویژه ظاهری غالباً متأثر از مقاومت ویژه خاک‌های سطحی و کم عمق هستند و به همین دلیل تغییراتی که در روند منحنی‌ها دیده می‌شود متأثر از تنوع جنس و دانه‌بندی خاک‌های سطحی و لایه‌های کم عمق خشک می‌باشد و این تغییرات با افزایش عمق متناسب با تغییرات لایه بندی ادامه می‌یابد. در محدوده مورد مطالعه نیز به نظر می‌رسد علاوه بر این مورد احتمال حضور لایه‌های مقاوم آهکی در سطح بخصوص در قسمت‌های شمالی سایت از جمله دلایل بالا بودن مقاومت ویژه در اعماق

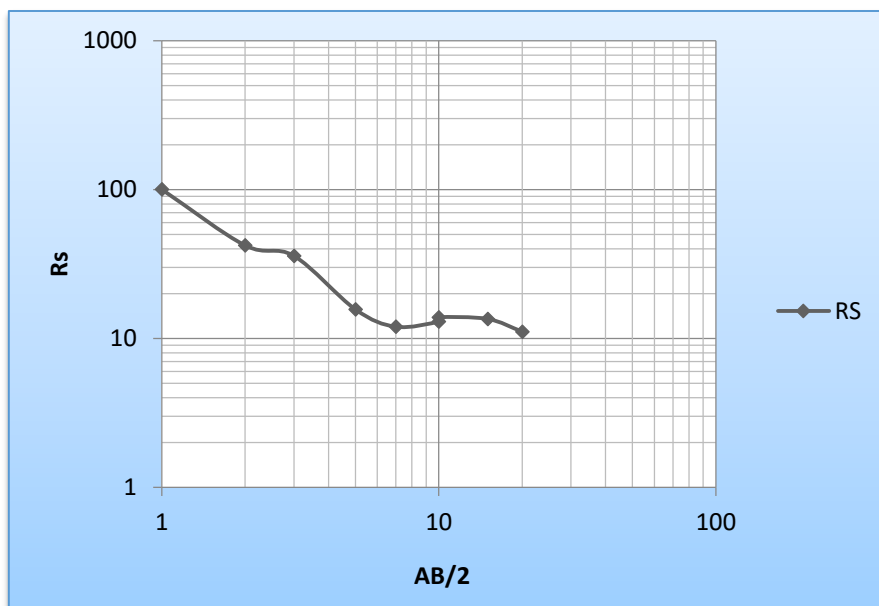
اولیه سونداژ می‌باشد که این موضوع در سونداژ S_3 به خوبی مشخص می‌باشد و وجود رخنمون‌هایی از سنگ‌های آهکی و توف‌های آندزیتی در شمال محل برداشت می‌تواند مؤید این مطلب باشد. در ادامه منحنی‌های مقاومت ویژه ظاهری بر حسب $AB/2$ برای سه سونداژ S_1 و S_2 و S_3 ارائه گردیده است.



شکل ۳-۲- نمودار مقاومت ویژه ظاهری بر حسب $AB/2$ برای سونداژ S_1

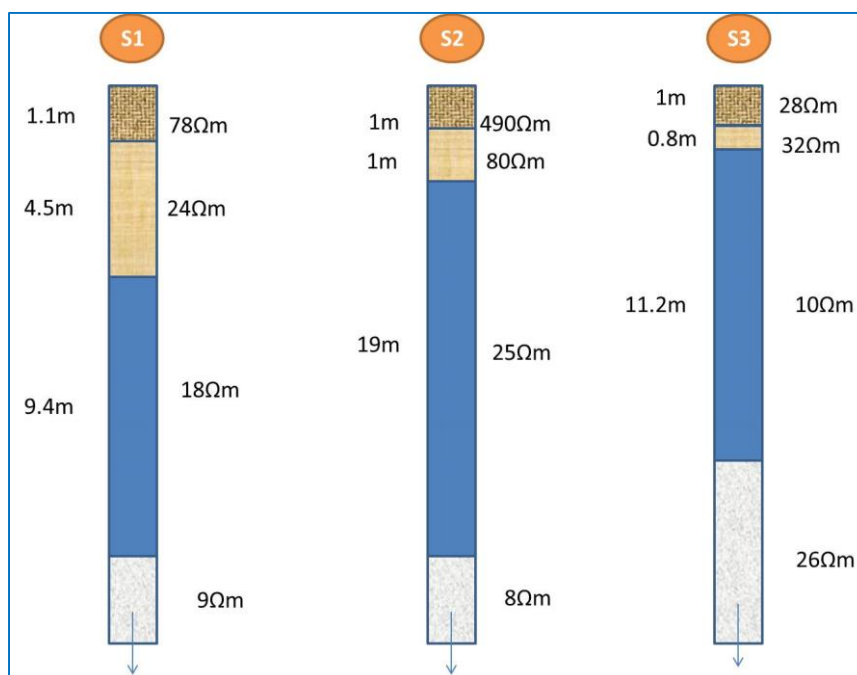


شکل ۳-۳- نمودار مقاومت ویژه ظاهری بر حسب $AB/2$ برای سونداژ S_2



شکل ۳-۴- نمودار مقاومت ویژه ظاهری بر حسب $AB/2$ برای سونداژ $S3$

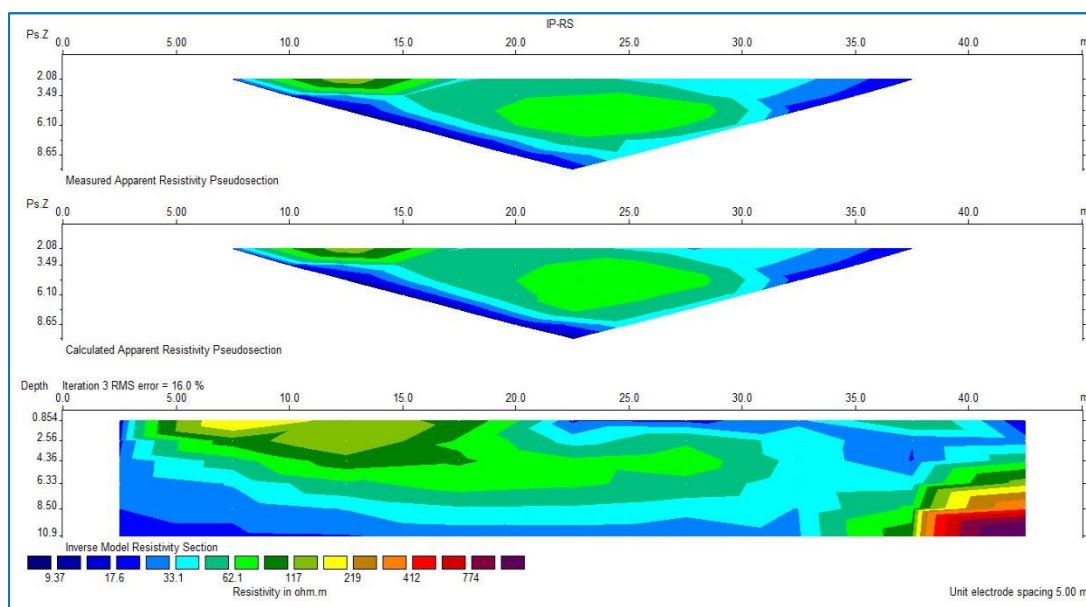
پس از رسم این منحنی‌ها نمودارهای به دست آمده با آباک‌های استاندارد موجود تطبیق داده شده و مورد تعبیر و تفسیر قرار می‌گیرند. همچنین از نرم افزار ipi۲vin نیز برای تفسیر نتایج استفاده شده است. در ادامه نتایج نهایی حاصل از تفسیر سه سونداژ $S1$ و $S2$ و $S3$ به صورت شماتیک نشان داده شده است.



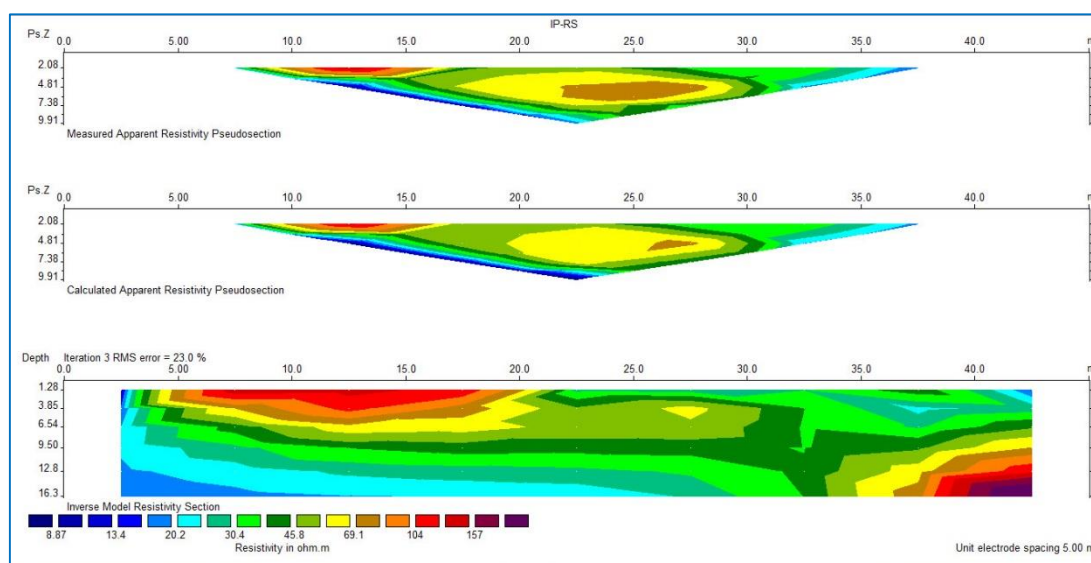
شکل ۳-۵- نتایج نهایی حاصل از سونداژنی الکتریکی در محل‌های $S1-S2-S3$

بررسی داده‌های پروفیل زنی الکتریکی به روش Dipole-Dipole

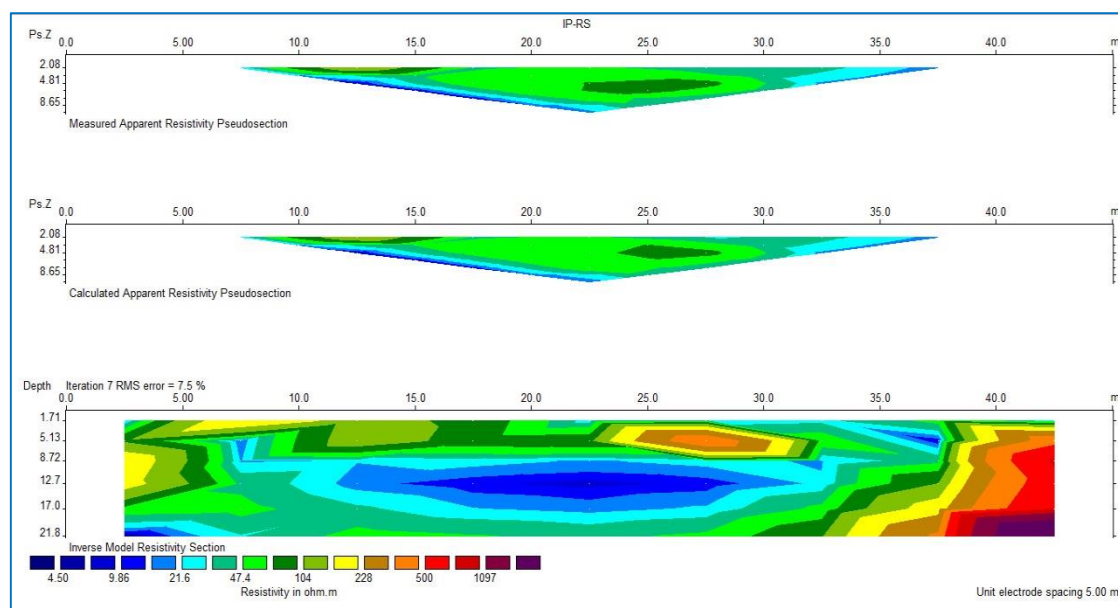
به منظور بررسی جانبی لایه‌ها و عوارض زمین شناسی موجود در منطقه از سه پروفیل دایپل-دایپل به طول تقریبی ۴۰ متر استفاده شده است که عمقی تا حدود ۲۰ متر را تحت پوشش قرار می‌دهند. در ادامه نتایج مدل‌سازی پروفیل‌ها در نرم افزار Res2Dinv و همچنین نقشه‌های نهایی به دست آمده پس از معکوس سازی و تصحیحات برای اعماق ۱۰ و ۱۵ و ۲۰ متر در هر پروفیل نشان داده شده است.



شکل ۳-۶- نتایج مدل‌سازی پروفیل D۳ برای عمق ۱۰ متر

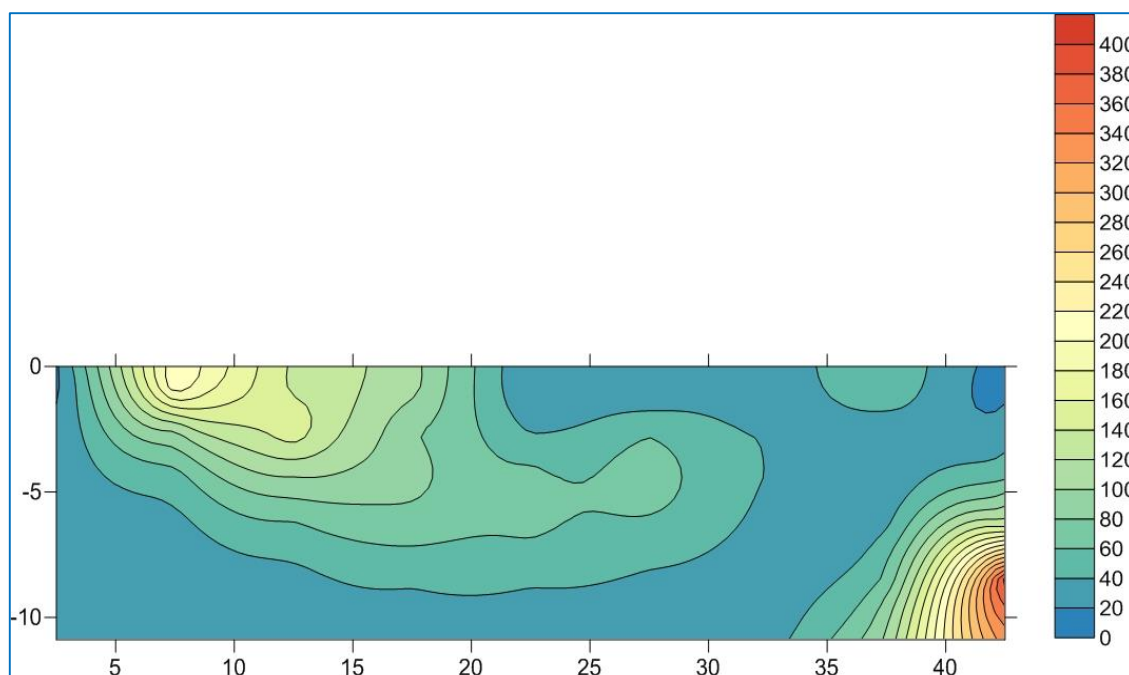


شکل ۳-۷- نتایج مدل‌سازی پروفیل D۳ برای عمق ۱۵ متر

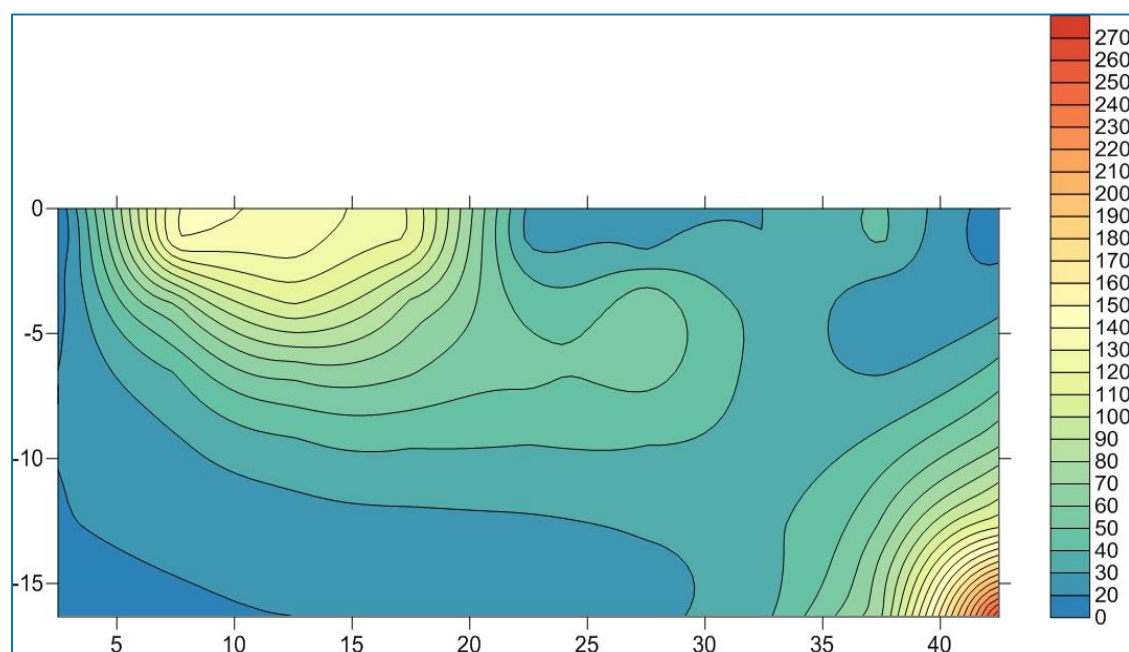


شکل ۳-۸- نتایج مدل سازی پروفیل D^۳ برای عمق ۲۰ متر

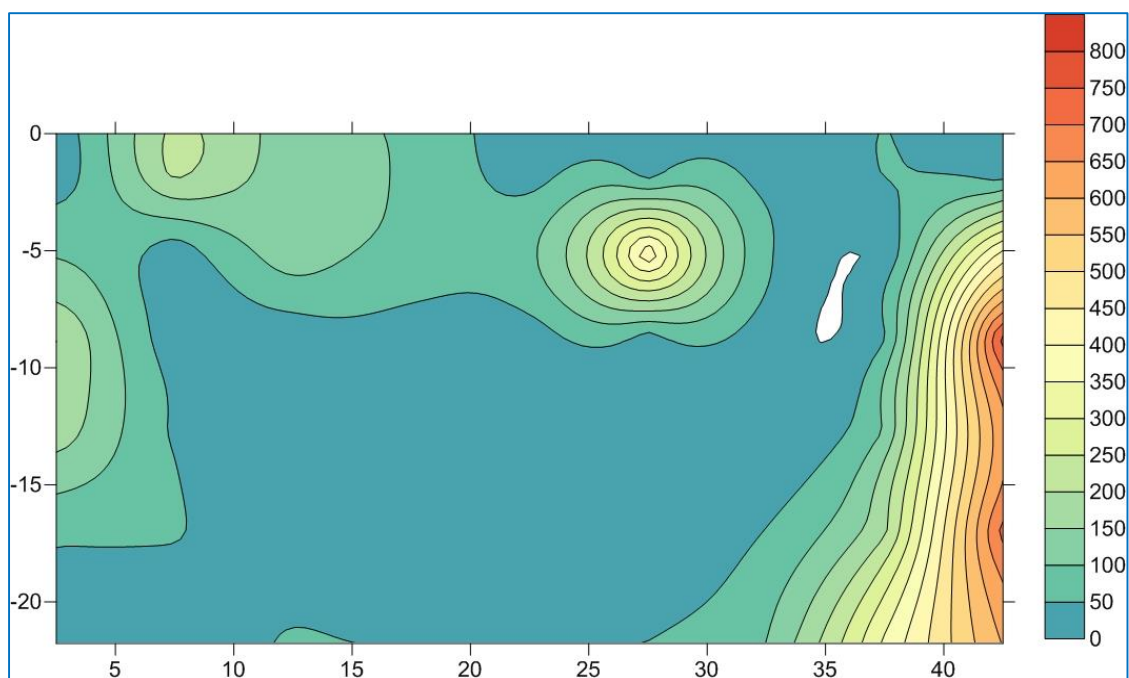
با توجه به نتایج مدل سازی پروفیل D^۳ در نرم افزار Res^۲Dinv (شکل های ۳-۶، ۳-۷ و ۳-۸)، در سمت راست مقطع از عمق حدود ۵ متر به بعد، یک زون مقاوم دیده می شود که می توان به یک توده گرانیتهی نسبت داد. در سمت چپ مقطع نیز، زون مقاوم دیگری دیده می شود که با افزایش عمق، اثر آن از بین رفته و در نهایت زون رسانایی با مقاومت ویژه حدود ۱۰ تا ۱۵ اهم متر از عمق ۸ تا ۱۸ متری ادامه دارد که می توان به یک آبخوان نسبت داد.



شکل ۳-۹- نتیجه نهایی پروفیل D۳ پس از معکوس سازی برای عمق ۱۰ متر

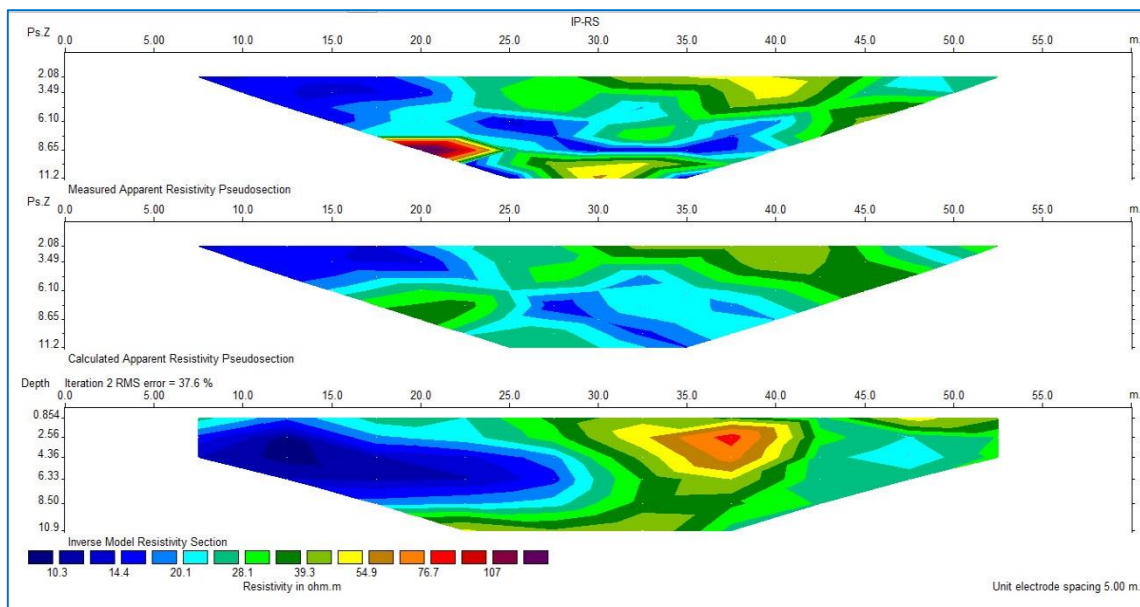


شکل ۳-۱۰- نتیجه نهایی پروفیل D۳ پس از معکوس سازی برای عمق ۱۵ متر

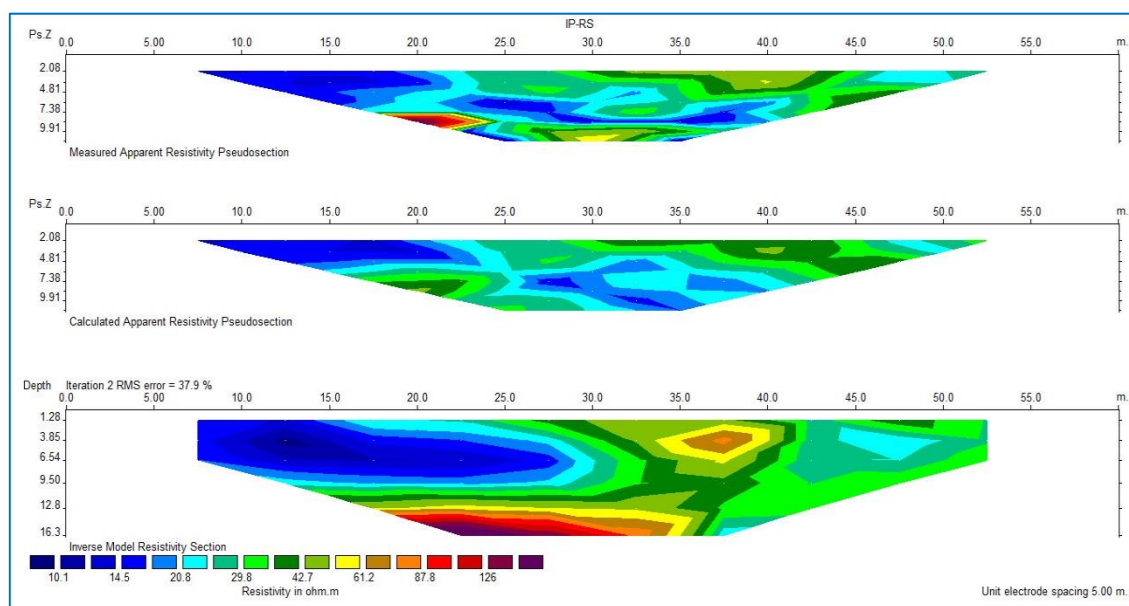


شکل ۳-۱۱- نتیجه نهایی پروفیل D^۳ پس از معکوس سازی برای عمق ۲۰ متر

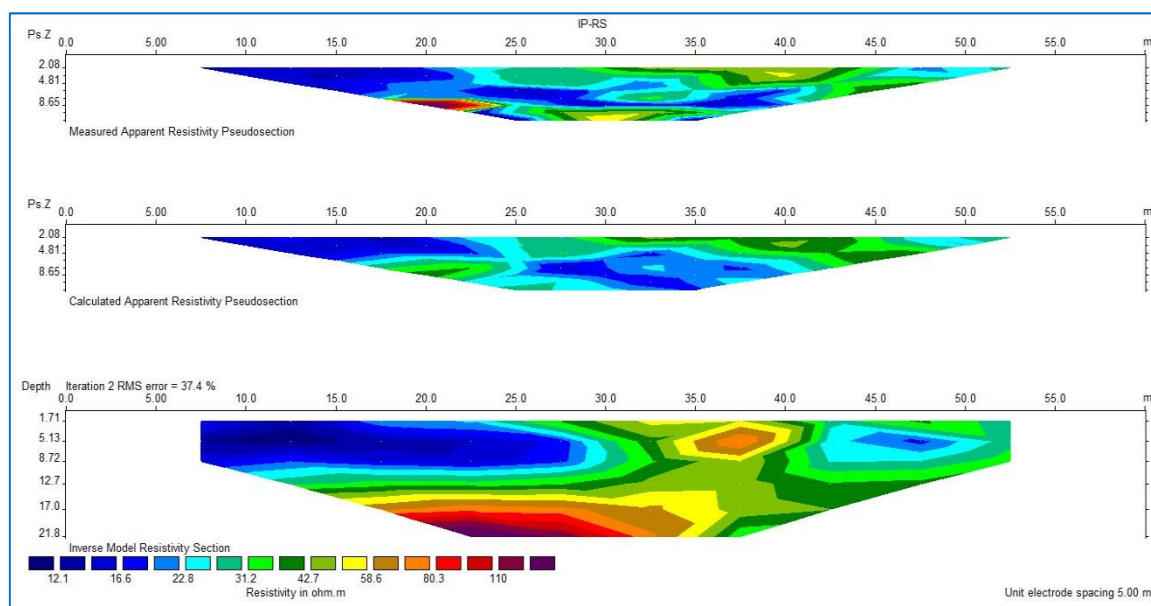
با توجه به شبهه مقطع حاصل از نتایج معکوس سازی پروفیل D^۳ (شکل‌های ۳-۹، ۳-۱۰ و ۳-۱۱)، به طور کلی مقاومت ویژه از ۵۰ تا ۷۰۰ اهم متر متغیر است. با افزایش عمق اثر زون مقاوم سمت چپ پروفیل از بین رفته و زون مقاوم سمت راست، بیشتر اثر خود را نشان می‌دهد. همچنین مقاومت ویژه در وسط پروفیل با افزایش عمق کمتر شده که این مسئله می‌تواند دلیلی بر وجود آبخوان باشد.



شکل ۳-۱۲- نتایج مدل سازی پروفیل D۲ برای عمق ۱۰ متر

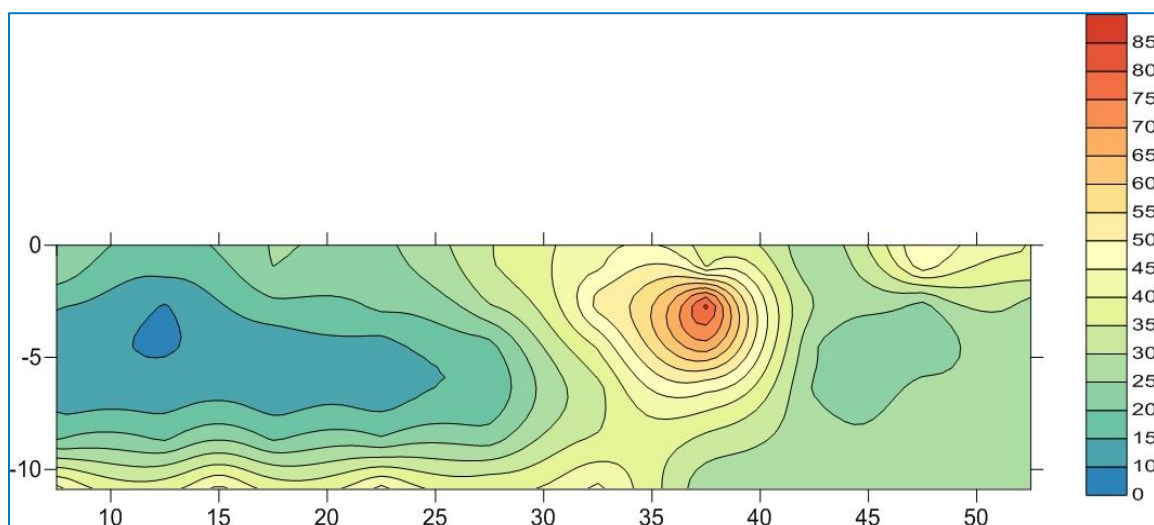


شکل ۳-۱۳- نتایج مدل سازی پروفیل D۲ برای عمق ۱۵ متر

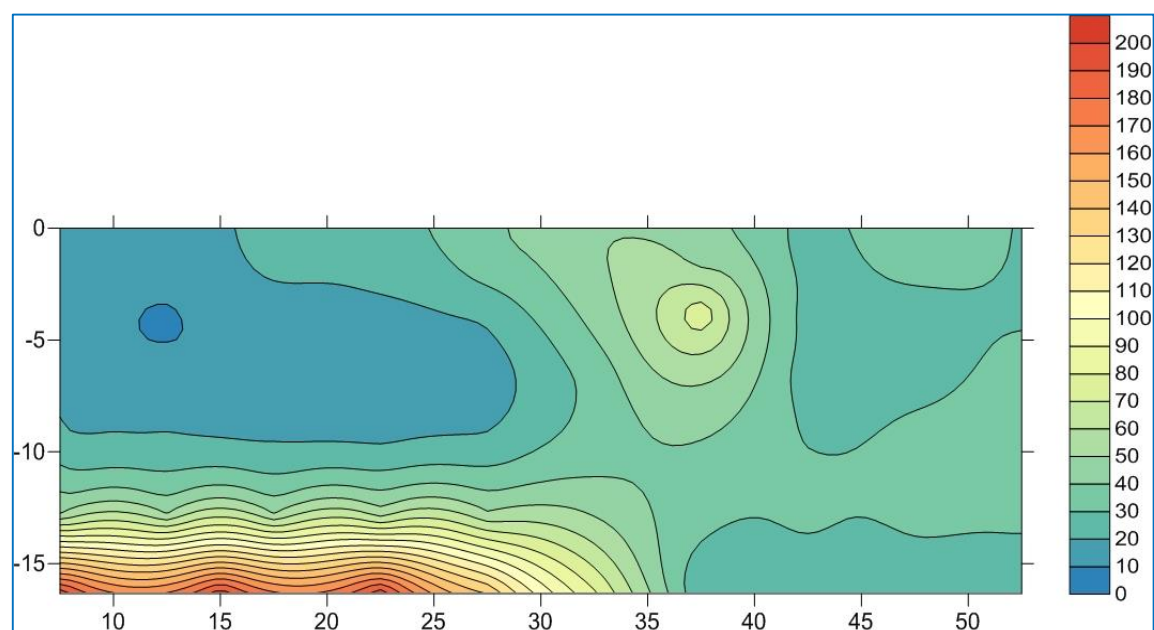


شکل ۳-۱۴- نتایج مدل سازی پروفیل D2 برای عمق ۲۰ متر

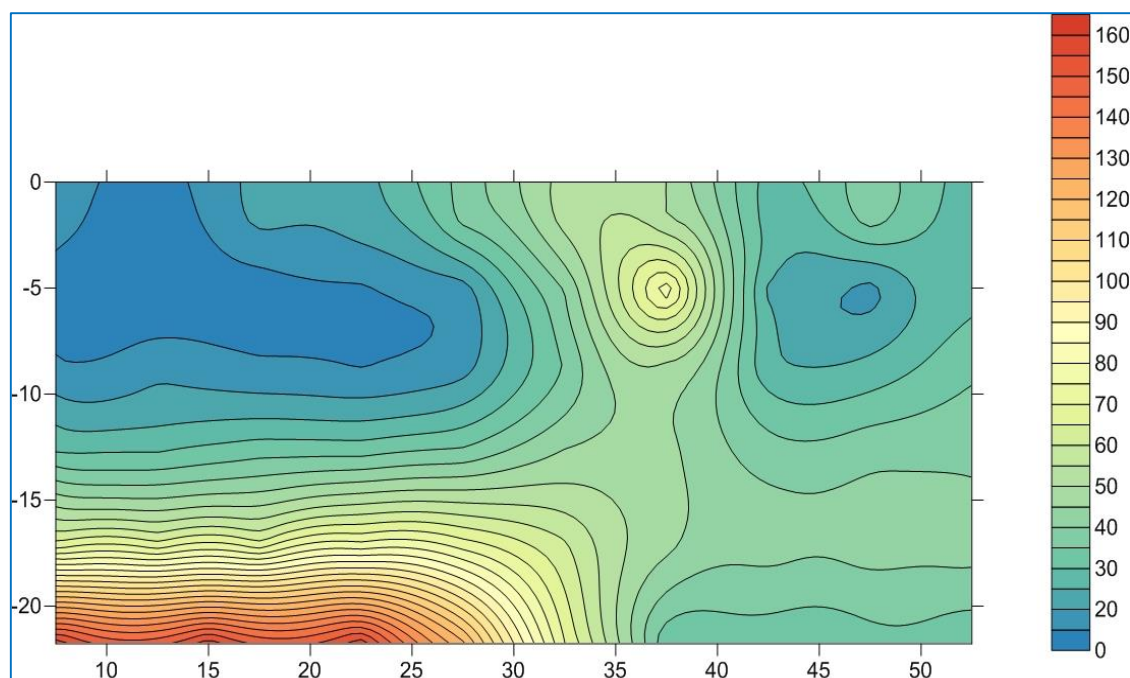
با توجه به نتایج مدل سازی پروفیل D2 در نرم افزار Res2Dinv (شکل های ۳-۱۲، ۳-۱۳ و ۳-۱۴)، در سمت چپ مقطع از سطح زمین تا عمق حدود ۵ متر، یک زون رسانا دیده می شود که می توان به یک لایه ای از رس نسبت داد. در سمت راست مقطع نیز، زون رسانای کوچک دیگری دیده می شود که با افزایش عمق، اثر آن بیشتر شده است. از عمق حدود ۱۵ متر به بعد، مقاومت ویژه افزایش می کند که با توجه به متفاوت بودن زمین شناسی مناطق، سنگ بستر یا یک توده گرانیتی دلیلی بر وجود این زون مقاوم است.



شکل ۳-۱۵- نتیجه نهایی پروفیل D۲ پس از معکوس سازی برای عمق ۱۰ متر

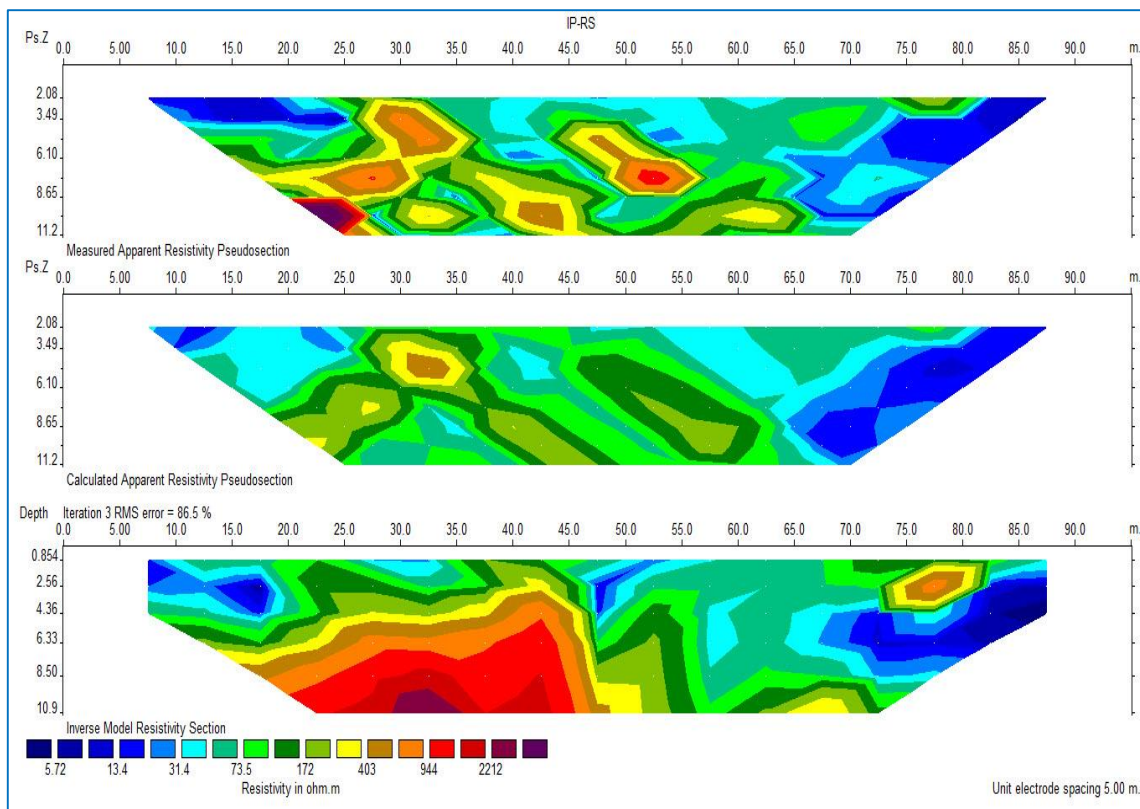


شکل ۳-۱۶- نتیجه نهایی پروفیل D۲ پس از معکوس سازی برای عمق ۱۵ متر

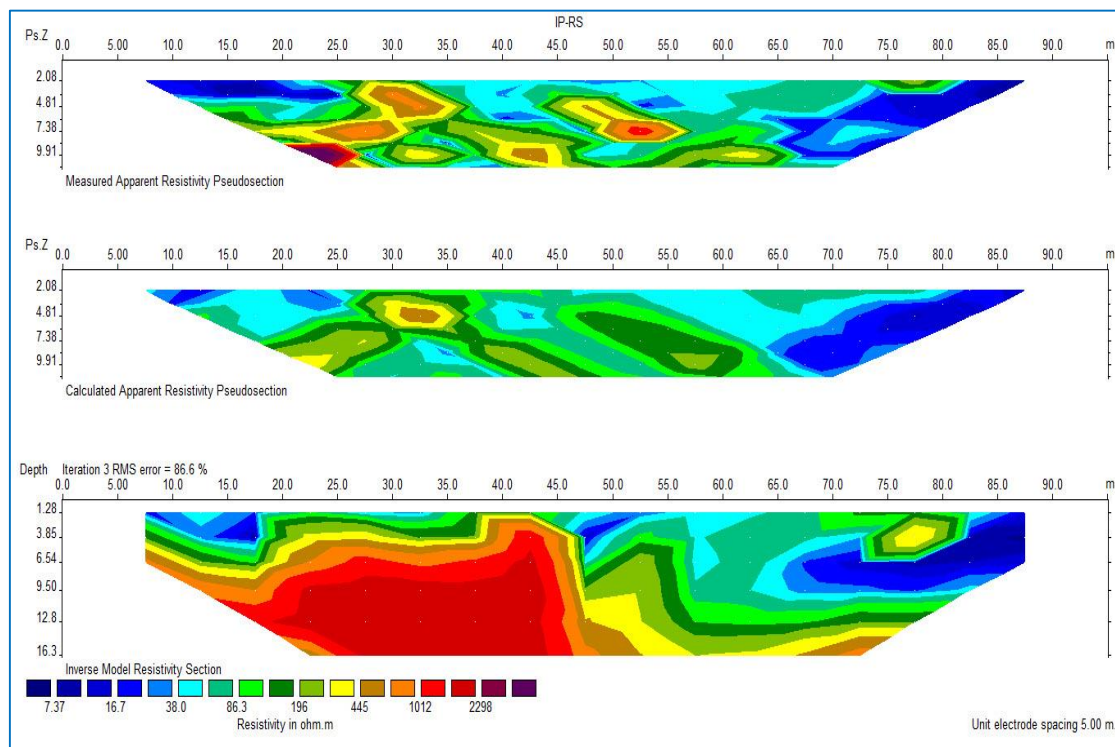


شکل ۳-۱۷- نتیجه نهایی پروفیل D۲ پس از معکوس سازی برای عمق ۲۰ متر

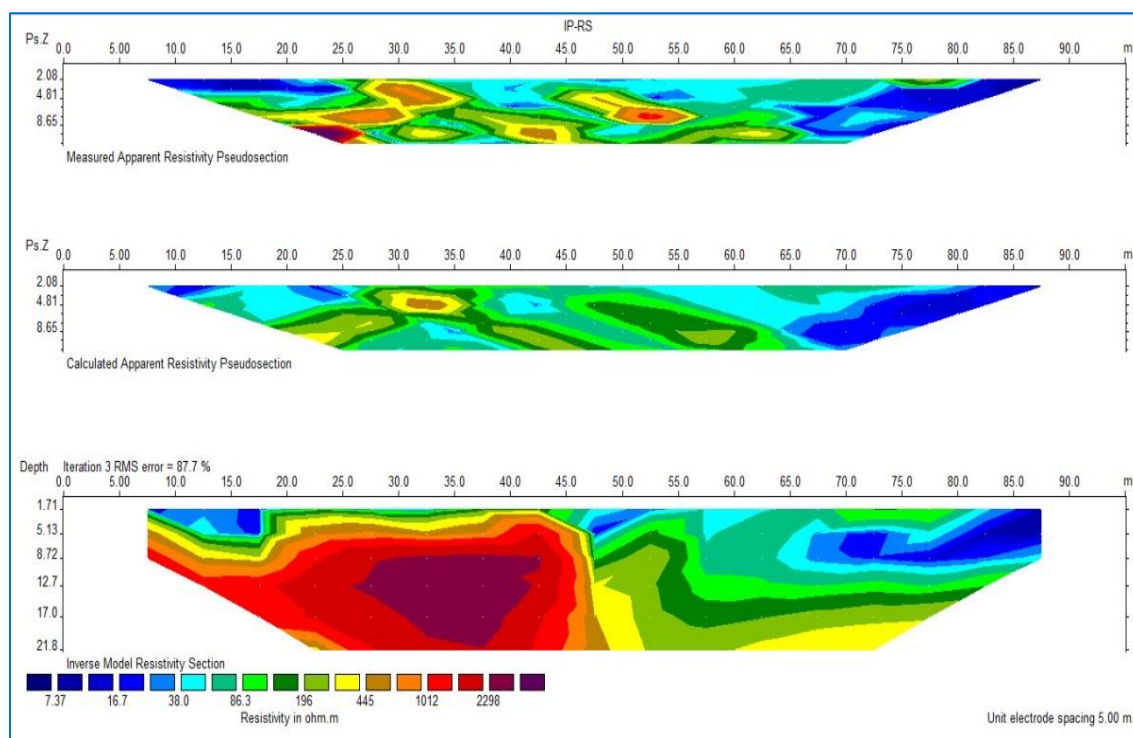
با توجه به شبه مقطع حاصل از نتایج معکوس سازی پروفیل D۲ (شکل‌های ۳-۱۵، ۳-۱۶ و ۳-۱۷)، به طور کلی مقاومت ویژه از ۱۰ تا ۷۰۰ اهم متر متغیر است. زون مقاومی در سمت راست مقطع دیده می‌شود که با افزایش عمق اثر آن از بین رفته ولی در سمت چپ مقطع با افزایش عمق اثر زون مقاوم زیاد می‌شود. همچنین در سطح زون رسانایی دیده می‌شود که می‌تواند دلیلی بر وجود رس‌ها باشد.



شکل ۳-۱۸- نتایج مدل سازی پروفیل D۱ برای عمق ۱۰ متر

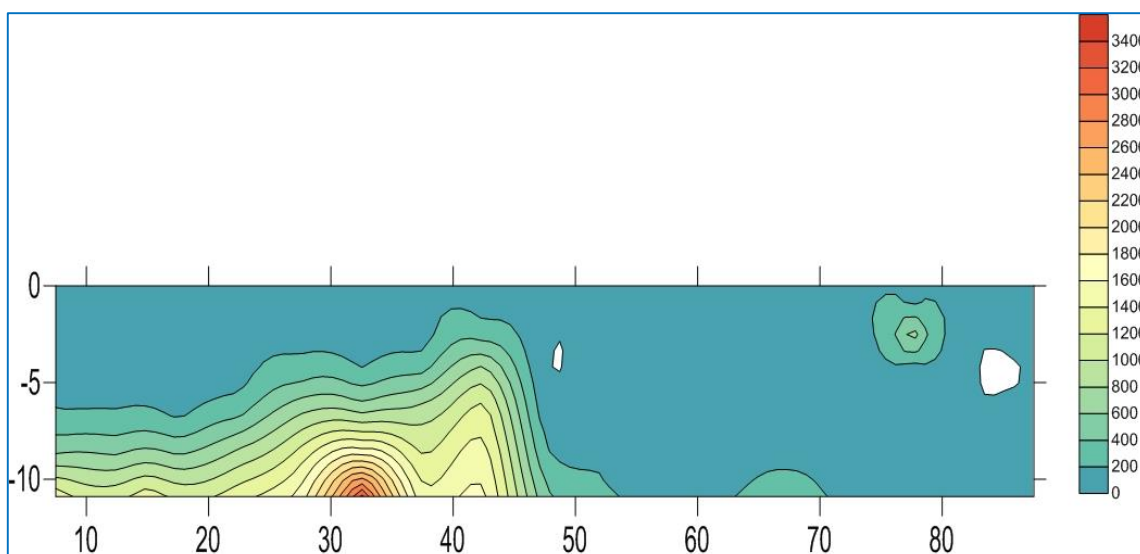


شکل ۳-۱۹- نتایج مدل سازی پروفیل D۱ برای عمق ۱۵ متر

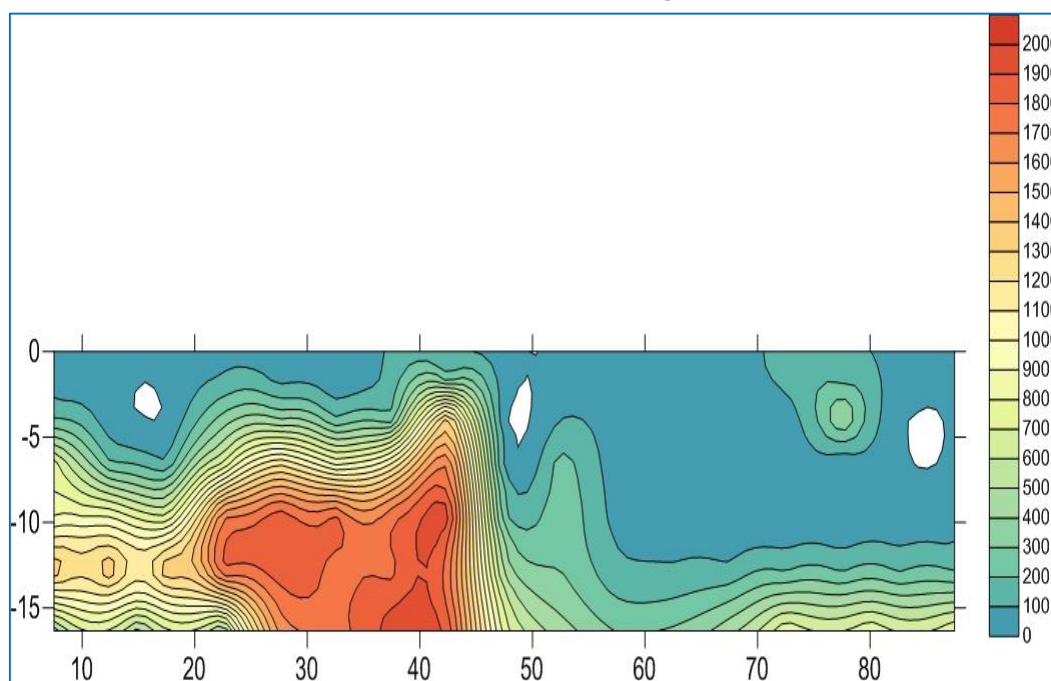


شکل ۳-۲۰- نتایج مدل سازی پروفیل D1 برای عمق ۲۰ متر

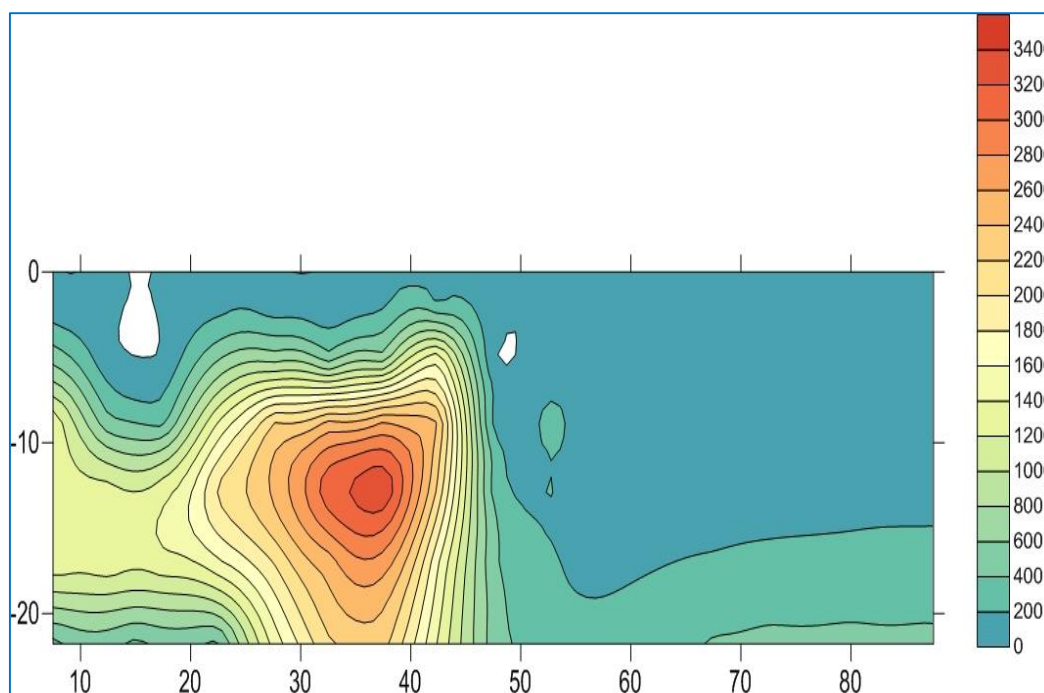
با توجه به نتایج مدل سازی پروفیل D1 در نرم افزار Res2Dinv (شکل های ۳-۱۸، ۳-۱۹ و ۳-۲۰)، در سمت چپ مقطع از عمق حدود ۵ متر، یک زون مقاوم دیده می شود که اثر آن با افزایش عمق بیشتر می شود. در سمت راست مقطع نیز، زون رسانا دیده می شود که از سطح شروع شده و تا عمق حدود ۱۲ ادامه دارد.



شکل ۳-۲۱- نتیجه نهایی پروفیل D۱ پس از معکوس سازی برای عمق ۱۰ متر



شکل ۳-۲۲- نتیجه نهایی پروفیل D۱ پس از معکوس سازی برای عمق ۱۵ متر



شکل ۳-۲۳- نتیجه نهایی پروفیل D۱ پس از معکوس سازی برای عمق ۲۰ متر

با توجه به شبه مقطع حاصل از نتایج معکوس سازی پروفیل D۱ (شکل‌های ۳-۲۱، ۳-۲۲ و ۳-۲۳)، به طور کلی مقاومت ویژه از ۲۰۰ تا ۲۸۰۰ اهم متر متغیر است. زون مقاومتی در سمت چپ مقطع دیده می‌شود که با افزایش عمق اثر آن بیشتر شده ولی در سمت چپ مقطع یک زون رسانایی وجود داشته که تقریباً با افزایش عمق، اثر آن از بین می‌رود.