





دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

رشته ژئوفیزیک گرایش ژئوالکتریک

پایان نامه کارشناسی ارشد

مدل سازی و تفسیر داده های مقاومت ویژه و بررسی ارتباط بین نتایج تفسیر با پارامترهای
کیفی آب زیرزمینی در منطقه بسطام

نگارنده: ابوالحسن کاظمی

اساتید راهنما:

دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی

دکتر علیرضا عرب امیری

استاد مشاور:

مهندس مهدی رحیمیان

شهریور ۹۵

تقدیم به:

پدرم،

که تابود، وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر و وقتی که رفت، نصایحش برایم راهگشا،...

مادرم،

به امید آنکه خورشید فروزان وجودش برپهنای دشت زندگی ام، همواره تابان بماند...

همسرم،

که در این راه، یاری صبور بود و فداکار،...

و فرزندان عزیزم،

که همیشه و همه جا برایم دلگرمی بودند ...

تشکر و قدردانی

حال که به یاری خداوند متعال این پایان نامه به اتمام رسیده، بر خود لازم می دانم که در این چند خط محدود از تلاش ها و کمک های استاد ارجمند، جناب آقای دکتر ابوالقاسم کاکار روحانی و آقای دکتر علیرضا عرب امیری که با راهنمایی های دلسوزانه خود راهی بس دشوار را بر من هموار نموده اند، تشکری ویژه نمایم و آرزوی کامیابی بیش از پیش را برای ایشان داشته باشم.

در ادامه از آقای مهندس مهدی رحیمیان کمال تشکر را داشته که با راهنمایی ها و حمایت های بی دریغ و دلسوزانه خود اینجانب را در انجام این تحقیق یاری کرده اند و همواره مورد عنایت خود قرار داده اند.

همچنین از زحمات آقایان دکتر مرادزاده، دکتر ایرج پیروز، دکتر نجاتی، دکتر آقاجانی و دکتر سلیمانی به عنوان اساتید ارجمند این جانب در طول دوره کارشناسی ارشد کمال تشکر را دارم.

از زحمات دلسوزانه مهندس محمد ملک که در این مدت برایم زحمات زیادی کشیدند، بی نهایت سپاسگزارم و از خداوند منان، برای ایشان و خانواده محترمشان، آرزوی توفیق و سلامتی دارم.

در انتها از زحمات و راهنمایی های بهترین دوستان دوره دانشجوییم مهندس رویین تن، مهندس ابراهیمی، مهندس رضانی، و دیگر دوستان کمال تشکر و قدردانی را دارم.

تعهد نامه

اینجانب **ابوالحسن کاظمی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته ژئوفیزیک - ژئوالکتریک دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه مدل سازی و تفسیر داده های مقاومت ویژه و بررسی ارتباط بین نتایج تفسیر با پارامترهای کیفی آب زیرزمینی در منطقه بسطام

تحت راهنمایی دکتر **ابوالقاسم کامکار** و دکتر **علی رضا عربامیری** و مشاوره مهندس مهدی رحیمیان متعهد می شوم.

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده

اهمیت آب‌های زیرزمینی برای انسان‌ها از گذشته تا به حال وجود داشته است. امروزه کاهش ذخایر این مایع حیاتی در بسیاری از نقاط دنیا، اهمیت آن را دو چندان کرده است.

برای به دست آوردن اطلاعات جامع و مفید از آب‌های زیرزمینی از روش‌های ژئوالکتریکی به خاطر صرفه جویی در هزینه و زمان بیش از روش‌های دیگر استفاده می‌شود. در عملیات صحرایی مربوط به این پایان‌نامه در منطقه دشت بسطام، واقع در شهرستان شاهرود ۵۹ عدد سونداژ ژئوالکتریک که طی ۱۰ پروفیل به موازات یکدیگر در امتداد شمال غربی - جنوب شرقی قرار گرفته، با آرایش شلومبرژه و با حداکثر طول فرستنده جریان الکتریکی ۱۰۰۰ متر، به منظور بررسی شرایط لایه‌های مختلف منطقه از دیدگاه آب زیرزمینی و مشخصات ژئوالکتریکی آبخوان برداشت شده‌اند.

برای تشخیص لایه‌های آبدار، تفسیر و مدل‌سازی داده‌های مقاومت ویژه، در مرحله اول تفسیر این سونداژهای مقاومت ویژه با استفاده از منحنی‌های استاندارد در برگه‌های کالک صورت گرفت. در مرحله بعد با کمک نرم‌افزارهای رایانه‌ای IPI2WIN و IX1D به صورت یک‌بعدی و در ادامه، مدل‌سازی آن‌ها به صورت دوبعدی با نرم‌افزارهای RES2DINV و ZONDRES2D انجام شد. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص گردید در اکثر پروفیل‌ها، مقاومت ویژه از شمال غرب به سمت جنوب شرق منطقه کاهش می‌یابد. همچنین در بیشتر سونداژها، مقاومت‌های ویژه در راستای قائم با افزایش عمق کاهش نشان می‌دهند. سطح آب چاه‌ها در قسمت‌های میانی منطقه مورد مطالعه به سطح زمین نزدیک است (چاه کال چخماق بر روی پروفیل ۳، با سطح ایستابی ۱۴/۵ متر، چاه قلعه بلوچ بر روی پروفیل ۵، با سطح ایستابی ۸ متر و چاه کلامو با سطح ایستابی ۹ متر بر روی پروفیل ۶). یکی از اهداف این پایان‌نامه تعیین ارتباط بین داده‌های هیدروشیمیایی و مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی با تفسیرهای ژئوالکتریکی آب زیرزمینی می‌باشد. بنابراین با داشتن داده‌های هیدروشیمیایی مربوط به ۲۰ عدد چاه که آبدهی

قابل ملاحظه دارند و نزدیک به سونداژهای ژئوالکتریک قرار دارند؛ از روش رگرسیون خطی به ارتباط بین داده‌های هیدروشیمی داده‌های مقاومت‌ویژه پرداخته شده است. داده‌های هیدروشیمی استفاده شده شامل TDS (کل مواد جامد محلول)، EC (هدایت الکتریکی) و غلظت آنیون‌ها که شامل SO_4 (سولفات)، Cl (کلرید)، HCO_3 (بیکربنات) و CO_3 (کربنات) موجود در آب زیرزمینی این چاه‌ها است. به کمک نرم‌افزار Excel ارتباط بین این کمیت‌ها با ابزار رگرسیون محاسبه شد. نمودارها به دو صورت خطی و لگاریتمی به دست آمد در بین این نمودارها نمودارهای حاصل از منحنی لگاریتمی در تمام موارد توانسته است با ضریب همبستگی بزرگ‌تر برازش بهتری را برای نقاط ایجاد کرده و نشان‌دهنده ارتباط بیشتر و بهتری بین پارامترهای هیدروشیمی و مقاومت‌ویژه لایه آبدار باشد. اثرگذاری داده‌های هیدروشیمی بر مقاومت‌ویژه در مقادیر کم غلظت یون‌ها، بیشتر است (شیب منحنی زیاد می‌شود) و این تأثیر در مقادیر زیاد به خاطر شیب کم منحنی، کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر هنگامی که غلظت یون‌ها خیلی افزایش یابد، اثرات ناچیزی بر کاهش مقاومت‌ویژه دارند.

کلمات کلیدی: سونداژ، مقاومت‌ویژه، بسطام، داده‌های هیدروشیمی، ضریب همبستگی

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- عوامل تاثیر گذار بر مقاومت ویژه زمین.....	۲
۱-۲-۱- تراوایی.....	۳
۲-۲-۱- تخلخل.....	۴
۳-۲-۱- درصد اشباع.....	۴
۴-۲-۱- مواد جامد محلول (TDS).....	۵
۵-۲-۱- هدایت الکتریکی (EC) آب.....	۵
۶-۲-۱- مقاومت ویژه سنگها.....	۶
۳-۱- اندازه گیری مقاومت ویژه الکتریکی زمین.....	۷
۱-۳-۱- روش های اندازه گیری مقاومت ویژه الکتریکی.....	۸
۴-۱- آرایش های الکتریکی.....	۹
۵-۱- تفسیر داده های سونداژزنی.....	۱۲
۶-۱- سابقه و ضرورت انجام تحقیق.....	۱۳
۷-۱- روش انجام تحقیق.....	۱۴
۸-۱- ساختار پایان نامه.....	۱۵

فصل دوم: زمین‌شناسی منطقه و عملیات صحرایی

۱۸	۲-۱- مقدمه.....
۱۸	۲-۱-۱- موقعیت جغرافیایی دشت بسطام.....
۲۰	۲-۲- موقعیت چاه‌های آب منطقه مطالعاتی.....
۲۱	۲-۳- زمین‌شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه.....
۲۴	۲-۴- عملیات صحرایی.....

فصل سوم: مدل‌سازی و تفسیر یک‌بعدی داده‌های مقاومت‌ویژه برداشت شده

۲۸	۳-۱- مقدمه.....
۲۸	۳-۲- تفسیر کیفی سونداژهای الکتریکی.....
۲۸	۳-۳- تفسیر کمی سونداژهای الکتریکی.....
۲۹	۳-۴- تفسیر سونداژهای الکتریکی برداشت‌شده در محدوده مورد مطالعه.....
۳۰	۳-۴-۱- نتایج تفسیر با استفاده از منحنی‌های استاندارد.....
۳۱	۳-۴-۲- نتایج تفسیر با وارون‌سازی با نرم‌افزار IX1D.....
۳۲	۳-۴-۳- نتایج تفسیر سونداژ s10 و مدل‌سازی وارون با نرم‌افزار IX1D.....
۳۴	۳-۵- نتایج تفسیر با نرم‌افزار PI2WIN.....
۳۵	۳-۶- نتیجه نهایی تفسیر یک‌بعدی سونداژ 10.....
۳۵	۳-۷- نتایج تفسیر یک‌بعدی دیگر سونداژهای مقاومت‌ویژه.....

فصل چهارم: مدل‌سازی و تفسیر دوبعدی داده‌های سونداژهای مقاومت‌ویژه

۳۸.....	۱-۴-مقدمه.....
۳۸.....	۲-۴-تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی برداشت‌شده با استفاده از نرم‌افزارهای RES2DINV و ZONDRES2D.....
۴۰.....	۳-۴-نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل ۱.....
۴۲.....	۴-۴-نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل ۲.....
۴۳.....	۵-۴-نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل ۳.....
۴۵.....	۶-۴-نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل ۴.....
۴۶.....	۷-۴-نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل ۵.....
۴۷.....	۸-۴-نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل ۶.....
۴۹.....	۹-۴-نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل ۷.....
۵۱.....	۱۰-۴-نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل ۸.....
۵۲.....	۱۱-۴-نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل ۹.....
۵۳.....	۱۲-۴-نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل ۱۰.....

فصل پنجم: تعیین ارتباط بین تغییرات هیدروشیمیایی به‌دست‌آمده از چاه‌های آب و نتایج تفسیر داده‌های مقاومت‌ویژه

۵۸.....	۱-۵-مقدمه.....
۶۱.....	۲-۵-روش آماری رگرسیون.....
۶۱.....	۳-۵-اهمیت خواص شیمیایی داده‌ها و ارتباط آن با مقاومت‌ویژه الکتریکی.....
۶۱.....	۴-۵-تعیین ارتباط بین پارامترهای هیدروشیمیایی چاه‌های آب و نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ الکتریکی.....

۵-۴-۱ تعیین ارتباط بین نتایج تفسیر یک بعدی داده‌های سونداژ الکتریکی و هدایت الکتریکی (EC)

..... ۶۴

۵-۴-۲ تعیین ارتباط بین مقادیر مقاومت ویژه به دست آمده برای لایه آبدار و TDS اندازه‌گیری شده

..... ۶۶

۵-۴-۳ تعیین ارتباط بین مقادیر مقاومت ویژه لایه آبدار و غلظت اندازه‌گیری شده آنیون‌های چاه‌های

آب ۶۷

۵-۵- نتیجه‌گیری..... ۶۹

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه‌گیری..... ۷۲

۶-۲- پیشنهادات..... ۷۴

پیوست..... ۷۵

منابع..... ۹۶

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- عوامل اثرگذار بر نفوذپذیری [Bernard, 2003] ۳

شکل ۱-۲- چگونگی اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی زمین در روش ژئوالکتریک

[After Corvallis, 2000] ۷

شکل ۱-۳- خطوط جریان و سطوح هم‌پتانسیل الکتریکی برای آرایش الکترودی متقارن شلومبرژه

[Zonge, 1994]..... ۹

- شکل ۱-۴- منحنی سونداژ برداشت شده با استفاده از آرایش شلومبرژه [Mooney,1980] ۱۲
- شکل ۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه برگرفته از GoogleEarth ۱۹
- شکل ۲-۲- موقعیت منطقه و سونداژهای موردنظر برگرفته از Google Earth ۲۰
- شکل ۲-۳- موقعیت سونداژهای مقاومت سنجی در منطقه دشت بسطام ۲۰
- شکل ۲-۴- موقعیت قرارگیری چاه‌ها و سونداژها نسبت به یکدیگر ۲۱
- شکل ۲-۵- نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی منطقه [سازمان زمین‌شناسی] ۲۳
- شکل ۲-۶- تجهیزات استفاده شده در عملیات صحرایی ۲۴
- شکل ۳-۱- تفسیر دستی S10 با کمک منحنی‌های استاندارد ۳۱
- شکل ۳-۲- مدل پیشرو حاصل از نتایج تفسیر منحنی‌های استاندارد با خطای ۲۰/۸۶٪ در نرم‌افزار IX1D ۳۲
- شکل ۳-۳- مدلسازی معکوس (INVERS) سونداژ S10 به وسیله نرم‌افزار IX1D ۳۳
- شکل ۳-۴- مدلسازی معکوس (INVERS) سونداژ S10 به وسیله نرم‌افزار IX1D با دو مرحله تکرار ۳۳
- شکل ۳-۵- مدلسازی معکوس (INVERS) سونداژ S10 به وسیله نرم‌افزار IX1D با هفت مرحله تکرار ۳۴
- شکل ۳-۶- خروجی نرم‌افزار IPI2WIN برای سونداژ S10 ۳۵
- شکل ۴-۱- مقاطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت‌ویژه پروفیل ۱ با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV ۴۱

شکل ۴-۲ مقاطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت ویژه پروفیل ۱ با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D ۴۲

شکل ۴-۳- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت ویژه پروفیل ۲ با استفاده از نرم افزار RES2DINV ۴۳

شکل ۴-۴- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت ویژه پروفیل ۲ با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D ۴۳

شکل ۴-۵- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت ویژه پروفیل ۳ با استفاده از نرم افزار RES2DINV ۴۴

شکل ۴-۶- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت ویژه پروفیل ۳ با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D ۴۴

شکل ۴-۷- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت ویژه پروفیل ۴ با استفاده از نرم افزار RES2DINV ۴۵

شکل ۴-۸- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت ویژه پروفیل ۴ با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D ۴۶

شکل ۴-۹- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت ویژه پروفیل ۵ با استفاده از نرم افزار RES2DINV ۴۶

شکل ۴-۱۰- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت ویژه پروفیل ۵ با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D ۴۷

شکل ۴-۱۱- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت‌ویژه روی پروفیل ۶ با استفاده از نرم‌افزار
RES2DINV ۴۸

شکل ۴-۱۲- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت‌ویژه پروفیل ۶ با استفاده از نرم‌افزار
ZONDRES2D ۴۹

شکل ۴-۱۳- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت‌ویژه پروفیل ۷ با استفاده از نرم‌افزار
RES2DINV ۵۰

شکل ۴-۱۴- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت‌ویژه پروفیل ۷ با استفاده از نرم‌افزار
ZONDRES2D ۵۰

شکل ۴-۱۵- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت‌ویژه پروفیل ۸ با استفاده از نرم‌افزار
RES2DINV ۵۱

شکل ۴-۱۶- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت‌ویژه پروفیل ۸ با استفاده از نرم‌افزار
ZONDRES2D ۵۲

شکل ۴-۱۷- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت‌ویژه پروفیل ۹ با استفاده از نرم‌افزار
RES2DINV ۵۳

شکل ۴-۱۸- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت‌ویژه پروفیل ۹ با استفاده از نرم‌افزار
ZONDRES2D ۵۳

شکل ۴-۱۹- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت‌ویژه پروفیل ۱۰ با استفاده از نرم‌افزار
RES2DINV ۵۴

شکل ۴-۲۰- مقطع حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت‌ویژه پروفیل ۱۰ با استفاده از نرم‌افزار
ZONDRES2D ۵۵

شکل ۵-۱- رابطه همبستگی بین مقاومت ویژه و TDS در منطقه کراچی پاکستان [Yao An Guo,1987]

۵۹.....

شکل ۵-۲- رابطه همبستگی بین مقاومت ویژه و TDS در دلتای رود نیل [Abdel-Azim

.....M.Ebraheem,1997]

شکل ۵-۳- رابطه همبستگی بین TDS و مقاومت ویژه برای لایه آبدار (نمودار سمت چپ)، و رابطه

همبستگی بین TDS و مقاومت ویژه برای آب زیرزمینی (نمودار سمت راست)[Asfahani,2007]..... ۶۰

شکل ۵-۴- موقعیت چاه‌ها و سونداژها نسبت به یکدیگر..... ۶۲

شکل ۵-۵- رابطه همبستگی خطی بین مقادیر p_a و EC به کمک نرم افزار Excel..... ۶۴

شکل ۵-۶- رابطه همبستگی لگاریتمی بین مقادیر p_a و EC به کمک نرم افزار Excel..... ۶۵

شکل ۵-۷- رابطه همبستگی خطی بین مقادیر p_a و TDS به کمک نرم افزار Excel..... ۶۶

شکل ۵-۸- رابطه همبستگی لگاریتمی بین مقادیر p_a و TDS به کمک نرم افزار Excel..... ۶۷

شکل ۵-۹- رابطه همبستگی خطی بین مقادیر αp و غلظت آنیون‌ها به کمک نرم افزار Excel..... ۶۸

شکل ۵-۱۰- رابطه همبستگی لگاریتمی بین مقادیر αp و غلظت آنیون‌ها به کمک نرم افزار Excel..... ۶۹

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱- مقاومت ویژه الکتریکی برخی از انواع آب و سنگ [Corvallis,2000] ۶

جدول ۱-۲- اطلاعات مربوط به خطوط برداشت ۲۵

جدول ۱-۳- مقاومت ویژه و عمق هر لایه در سونداژ S10 با کمک منحنی‌های استاندارد..... ۳۱

جدول ۳-۲- نتیجه نهایی تفسیر یک بعدی سونداژ S10..... ۳۵

جدول ۵-۱- اطلاعات هیدروشیمی چاه‌ها و سونداژهای مجاور آنها و فاصله تقریبی آنها نسبت به

یکدیگر..... ۶۳

فصل اول:

کلیات

۱-۱- مقدمه

آب به عنوان یک نعمت الهی همواره مورد توجه انسان‌ها بوده است و از احترام و جایگاه ویژه‌ای نزد افراد یک جامعه برخوردار است. اگر کمبود آب تا چندی پیش فقط در کشورهای خشک و نیمه خشک، مساله مهمی به شمار می‌رفت، امروزه این کمبود در تمام کشورها، به صورت مساله مهمی در آمده است. در صورتی که آهنگ رشد جمعیت به صورت فعلی ادامه یابد، در آینده‌ای نه چندان دور، میزان جمعیت کره زمین به حدی می‌رسد که مساله آب یک مشکل اساسی برای ادامه حیات بشر خواهد بود و کمبود آن نتایج وحشت‌آوری برای انسان‌ها به بار خواهد آورد [کامکار روحانی، ۱۳۸۸]. امروزه استفاده از آب‌های زیرزمینی نه تنها جزو مهمترین منابع تامین آب شیرین است بلکه توسعه زیادی جهت مصرف در حوزه کشاورزی و صنعت پیدا کرده است [صداقت، ۱۳۸۷]. با کمک مطالعه ژئوفیزیکی و با صرف هزینه و زمان نسبتاً کم می‌توان اطلاعات مفیدی در مورد آب زیر زمینی بدست آورد. معمول‌ترین روش مورد استفاده در مطالعات مربوط به آب‌های زیرزمینی و بدست آوردن خواص سفره‌های آب زیرزمینی استفاده از روش مقاومت‌ویژه الکتریکی^۱ است.

۱-۲- عوامل تأثیرگذار بر مقاومت‌ویژه زمین:

این عوامل به‌طور کلی در دو دسته قرار می‌گیرند.

۱- حرکت الکترون‌ها و یون‌های آزاد مواد جامد

۲- حرکت یون‌ها در آب موجود در سنگ‌ها و خاک‌ها

^۱ Resistivity methods

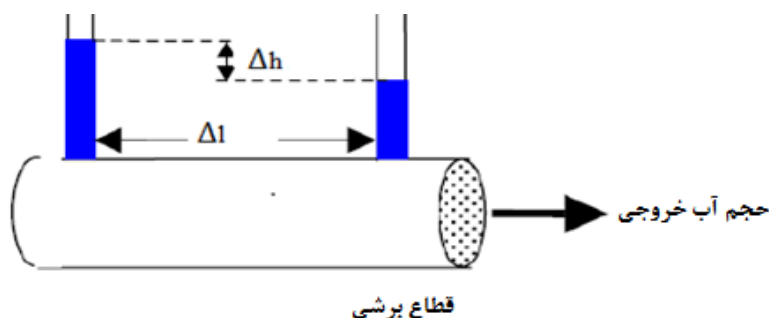
حرکت یون‌ها در آب موجود بین سنگ‌ها و خاک‌ها باعث کاهش مقاومت‌ویژه مواد زیر سطحی می‌شود [Mooney, 1980].

عوامل دیگری از جمله تخلخل، مقدار رس، اشباع‌شدگی، تراوایی، کل مواد جامد محلول (TDS)^۱، هدایت الکتریکی (EC)^۲ و دما هم می‌توانند بر مقاومت‌ویژه اثرگذار باشند. هدایت سطحی خرده‌های رس در سنگ‌ها نیز باعث کاهش مقاومت‌ویژه می‌شود. حتی کانی‌های رسی می‌توانند آب را جذب کرده و باعث جذب کاتیون‌ها در سطح خود شوند و در نهایت باعث تسریع در یونیزه‌شدن و عرضه یون‌های آزاد شده و مقاومت‌ویژه را کاهش دهند [Mooney, 1980].

همچنین در زمین‌های یخ‌زده، کاهش دما حرکت یون‌ها را کاهش داده و مقاومت‌ویژه را افزایش می‌دهد. در ادامه، توضیح در خصوص چند عامل دیگر اثرگذار بر مقاومت‌ویژه آمده است.

۱-۲-۱- تراوایی^۳

تراوایی همان توانایی زمین برای عبور دادن یک سیال نفوذپذیر می‌باشد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱: عوامل اثرگذار بر تراوایی [Bernard, 2003]

^۱Total dissolved solids

^۲Electrical conductivity

^۳Permeability

ارتباط بین عوامل مؤثر بر نفوذپذیری یک سیال در زمین با رابطه زیر مشخص می‌شود (رابطه ۱-۱).

$$k = \frac{V \Delta L}{A \Delta h t} \quad (1-1)$$

که در آن K ضریب نفوذ پذیری، V حجم آب خروجی، A سطح مقطع، t مدت زمان، ΔL طول و Δh اختلاف ارتفاع است [صدقت، ۱۳۸۷].

۱-۲-۲-تخلخل^۱

به نسبت حجم کل منافذ داخل سنگ به حجم کل سنگ، تخلخل می‌گویند. رابطه‌ای که برای تخلخل می‌توان در نظر گرفت؛ رابطه زیر می‌باشد.

$$\Phi = \frac{V_V}{V_t} \quad (2-1)$$

V_V حجم فضاهای خالی موجود در سنگ

V_t حجم کل سنگ و Φ تخلخل که بر حسب درصد می‌باشد [Milson, 1989].

۱-۲-۳-درصد اشباع^۲

به مقدار فضای خالی از سنگ که با آب پر شده است اشباع شدگی از آب می‌گویند.

رابطه زیر که به وسیله کلر و فریشنخت^۳ (۱۹۶۶) کشف شد، ارتباط بین اشباع شدگی سنگ‌ها را از آب و مقاومت ویژه بیان می‌کند.

$$S_w^{-n} = \frac{\rho_{us}}{\rho_{100}} \quad (3-1)$$

در این رابطه ρ_{us} مقاومت ویژه نمونه اشباع شده، ρ_{100} مقاومت ویژه نمونه اشباع شده از آب S_w مقدار اشباع شدگی از آب و n توان اشباعی می‌باشد.

^۱Porosity

^۲Saturation

^۳Keler and Freshenkhet

۱-۲-۴- مواد جامد محلول^۱ (TDS)

TDS همان مجموع مواد جامد محلول در آب به غیر از رسوبات معلق، کلوئیدها و گازهای محلول می‌باشد. برای بدست آوردن مقدار TDS، لازم است مقدار معینی آب را تبخیر کرده و مقدار ماده جامد از تبخیر را وزن کرده و سپس نسبت آن را به وزن کل آب اولیه قبل از تبخیر بدست می‌آورند. راحت‌ترین روش برای تقسیم‌بندی آب از نظر کیفی، بر اساس مقدار TDS آن انجام می‌گیرد. برای مثال اگر TDS آبی بیش از ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد، برای آشامیدن مناسب نیست [صدقت، ۱۳۸۷].

۱-۲-۵- هدایت الکتریکی^۲ (EC) آب

عکس مقاومت‌ویژه الکتریکی اندازه‌گیری شده، هدایت یا رسانندگی الکتریکی نامیده می‌شود؛ که به صورت قدرت مکعبی به ابعاد یک سانتی متر برای عبور جریان برق تعریف می‌شود و آن را با EC نشان می‌دهند [صدقت، ۱۳۸۷]. EC را بر حسب ($\mu\text{S}/\text{cm}$) میکروموس بر سانتیمتر اندازه‌گیری می‌کنند. این مقدار با افزایش درجه حرارت می‌تواند افزایش یابد. بنابراین EC را به همراه درجه حرارت بیان می‌کنند [صدقت، ۱۳۸۷]. از بالا بودن EC می‌توان غلظت زیاد یون‌ها در آب زیرزمینی و کاهش مقاومت‌ویژه الکتریکی زیر سطحی را نتیجه گرفت. هر چند موادی که آب موجود در آنها شیرین است، حتی اگر از آب هم اشباع باشند، باز مقاومت‌ویژه بالایی دارند [Mooney, 1980].

EC متناسب با کل مواد جامد حل شده است؛ که با رابطه زیر بیان می‌شود [صدقت، ۱۳۸۷].

$$\text{TDS} = K_e \times \text{EC} \quad (۴-۱)$$

^۱Total dissolved solids (TDS)

^۲Electrical conductivity (EC)

در این رابطه TDS بر حسب میلی گرم بر لیتر، EC بر حسب میکروموس بر سانتی متر در ۲۵ درجه سانتی گراد و K_e فاکتور تبدیل و معمولاً بین ۰/۵۵ تا ۰/۸ می باشد؛ که باید برای هر منطقه عملیاتی مشخص گردد [صداقت، ۱۳۸۷].

۱-۲-۶- مقاومت ویژه سنگها

با توجه به جنس سنگها می توان مقاومت ویژه آنها را تخمین زد. هنگامی که با روش های ژئوفیزیکی مقاومت یک سنگ مشخص می شود، می توان جنس آن سنگ را مشخص نمود. جدول زیر مقاومت ویژه برخی از سنگها را نشان می دهد.

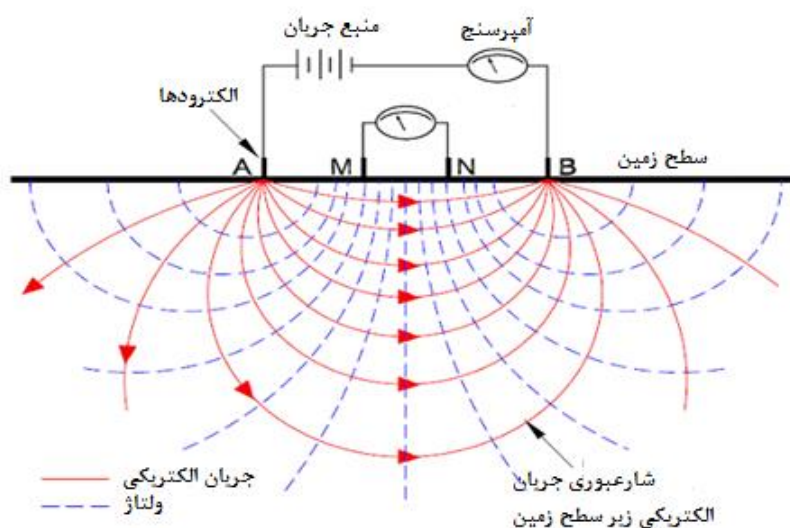
جدول ۱-۱: مقاومت ویژه الکتریکی برخی از انواع آب و سنگ [Corvallis, 2000]

نوع آب یا سنگ	مقاومت ویژه الکتریکی بر حسب اهم متر
آب دریا	۰,۲
آب سفره های آبرفتی	۳-۱۰
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
سینریت - توفان های آتش فشانی	۲۰-۱۰۰۰۰
لاوا	۳۰۰-۱۰۰۰۰
شیست گرافیتی	۰,۵-۵
شیست آرژیلیتی یا تخریب شده	۱۰۰-۳۰۰

مقاومت ویژه الکتریکی عکس هدایت الکتریکی می باشد. با کمک روش های ژئوالکتریکی می توان لایه های زمین را از نظر مقاومت ویژه الکتریکی از یکدیگر تفکیک کرد.

۳-۱- اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی زمین

در روش مقاومت ویژه جریان الکتریکی را توسط دو الکترود A و B به داخل زمین تزریق می‌کنند و اختلاف پتانسیل توسط دو الکترود دیگر M و N اندازه گرفته می‌شود.



شکل ۱-۲: چگونگی اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی زمین [After Corvallis, 2000].

برای هر آرایش الکترودی با الکترودهای جریان A و B و الکترودهای پتانسیل M و N مقاومت ویژه ظاهری به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\rho_a = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}} \frac{\Delta V}{I} \quad (۵-۱)$$

در این رابطه I شدت جریان ارسالی (بر حسب آمپر)، ΔV اختلاف پتانسیل (بر حسب ولت) و ρ_a مقدار مقاومت ویژه ظاهری (بر حسب اهم متر) می‌باشد [Corvallis, 2000].

اگر زمین همگن^۱ و همسانگرد^۲ باشد، مقاومت ویژه به دست آمده از این معادله، همان مقاومت ویژه واقعی^۳ یا حقیقی زمین مورد نظر می باشد. در صورت وجود ناهمگنی های زیرسطحی، مقدار مقاومت ویژه اندازه گیری شده با تغییر موقعیت الکترودها تغییر می کند؛ در این صورت مقادیر اندازه گیری شده، مقاومت ویژه ظاهری هستند [Asfahani, 2007].

۱-۳-۱- روش های اندازه گیری مقاومت ویژه الکتریکی

الف: سونداژزنی

در این روش تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی لایه ها در جهت قائم مورد بررسی قرار می گیرد. نقطه مرکز الکترودها ثابت است و مقاومت ویژه به دست آمده به این نقطه نسبت داده می شود. با افزایش فاصله بین الکترودها به طور منظم جریان به عمق بیشتر نفوذ می کند و تغییرات مقاومت ویژه نسبت به عمق بررسی می شود. از محدودیت های این روش آن است که تغییرات جانبی مقاومت ویژه در نظر گرفته نمی شود [حجت، ۱۳۹۰].

اطلاعاتی که در سونداژزنی باید ثبت شوند عبارتند از [Mooney, 1980] :

اطلاعات اصلی: متغیر مستقل: فاصله الکترودی؛ متغیر وابسته: مقاومت ویژه ظاهری (ρ_a)

اطلاعات فرعی یا کمکی: نوع آرایش الکترودی، آزمون خط برداشت، موقعیت مرکز آرایش،....

ب: پروفیل زنی

در برداشت پروفیل زنی تغییرات جانبی مقاومت ویژه در یک افق معین بررسی می شود. بدین منظور فاصله الکترودی ثابت نگه داشته می شود و مرکز آرایش در طول خط برداشت جابجا می گردد. هر چه

^۱ Homogeneous

^۲ Isotropic

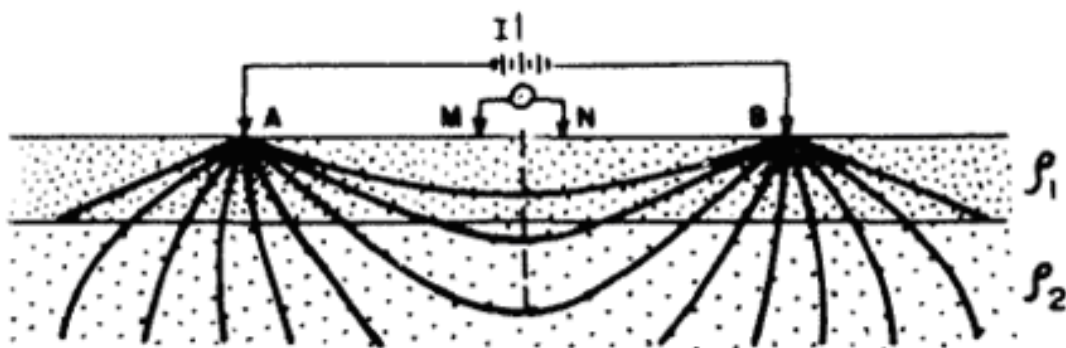
^۳ True Resistivity

فاصله الکترودی بیشتر شود عمق مورد بررسی افزایش می‌یابد. اطلاعاتی که در روش پروفیل زنی بررسی می‌شود. اطلاعات اصلی: متغیر مستقل: فاصله مرکز آرایش از یک نقطه مرجع؛ متغیر وابسته: مقاومت ویژه ظاهری (ρ_a). اطلاعات فرعی: نوع آرایش الکترودی، موقعیت الکترودها، آزمون یا جهت گسترش الکترودها، تاریخ برداشت و..... [حجت، ۱۳۹۰].

۱-۴- آرایش‌های الکتریکی

به نوع قرارگرفتن الکترودهای جریان عبوری الکتریکی و الکترودهای پتانسیل الکتریکی به صورت طولی در یک راستا، یک آرایش الکتریکی می‌گویند. هر آرایشی مزیت و معایبی از نظر عواملی مانند قدرت سیگنال، عمق نفوذ، جفت‌شدگی الکترومغناطیسی، حساسیت نسبت به تغییرات زیرسطحی در جهت افقی و قائم، نیروی انسانی مورد نیاز، سرعت عملیات و دارا بودن ابزارهای مورد نیاز جهت تفسیر دارد. بنابراین آرایش مناسب با توجه به ساختار زمین‌شناسی منطقه، سطح نوفه زمینه و هدف اکتشافی انتخاب می‌گردد [Ward, 1990].

از آنجا که در این تحقیق فقط از آرایش شلومبرژه استفاده شده، بنابراین، این آرایش به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد. آرایش شلومبرژه بعنوان عمومی‌ترین آرایش در مطالعات ژئوالکتریکی محسوب می‌شود.



شکل ۱-۳: خطوط جریان و سطوح هم‌پتانسیل الکتریکی برای آرایش الکترودی متقارن شلومبرژه [Zonge, 1994].

این آرایش بطور گسترده در اکتشافات الکتریکی استفاده می‌شود. چهار الکترودها A، M، N، B در طول

یک خط راست، در روی سطح زمین مطابق شکل (۳-۱) قرار گرفته، بطوری که فاصله الکترودهای فرستنده حداقل ۵ برابر فاصله الکترودهای پتانسیل از هم‌دیگر است.

با افزایش فاصله الکترودی، جریان الکتریکی به عمق بیشتری از زمین نفوذ می‌کند. از تفسیر داده‌های مقاومت‌ویژه ظاهری برای عمق‌های نفوذ مختلف، می‌توان به لایه‌بندی‌های زیرزمینی و بی‌هنجاری‌های موجود در آن‌ها پی برد و مقاومت‌ویژه واقعی آن‌ها را به‌دست آورد. روش ژئوالکتریک به مطالعه لایه‌بندی زیرسطحی بر اساس مقاومت‌ویژه الکتریکی اندازه‌گیری شده در سطح زمین می‌پردازد [Zonge Engineering, 1994].

این روش که تخمینی از تغییرات مقاومت‌ویژه الکتریکی در زیر سطح زمین را توسط اندازه‌گیری‌های سطحی به ما می‌دهد، بر این اساس بنا شده است؛ که بخشی از جریان تزریق شده به داخل زمین، به عمق مشخصی از آن نفوذ می‌کند. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، با افزایش فاصله الکترودی، این عمق افزایش می‌یابد. بنابراین توزیع پتانسیل الکتریکی در سطح زمین، بیشتر تحت تأثیر ناهمگنی‌های عمیق موجود در داخل زمین قرار می‌گیرد [Corvallis, 2000].

ضریب آرایش الکترودی این آرایش از رابطه (۶-۱) محاسبه می‌شود:

$$K_s = \frac{\left(\frac{AB}{2}\right)^2 - \left(\frac{MN}{2}\right)^2}{MN} \quad (۶-۱)$$

مقاومت‌ویژه الکتریکی با استفاده از آرایش شلومبرژه^۲ مطابق رابطه (۷-۱) بدست می‌آید:

$$\rho = K_s * \frac{\Delta V}{I} \quad (۷-۱)$$

در آرایش شلومبرژه روش‌های تعبیر و تفسیر به صورت گسترده‌تری پیشرفت داشته است. یکی از مزایای آرایش شلومبرژه این است که می‌توان در یک طول ثابت AB مقادیر مقاومت‌ویژه الکتریکی را برای دو

^۱Inhomogeneity

^۲Schlumberger

طول MN اندازه‌گیری کرد. این اندازه‌گیری با دو مقدار کوچک و بزرگ MN در مطالعات سونداژ الکتریکی حائز اهمیت بسیار است. چون از این طریق می‌توان به اثر تغییرات جانبی و سطحی زمین‌های مورد مطالعه روی الکترودهای MN پی برد و آن‌ها را از تغییرات عمقی مقاومت‌ویژه تفکیک کرد [حجت، ۱۳۸۲].

از مزایای آرایش شلومبرژه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [Reynolds, 1997].

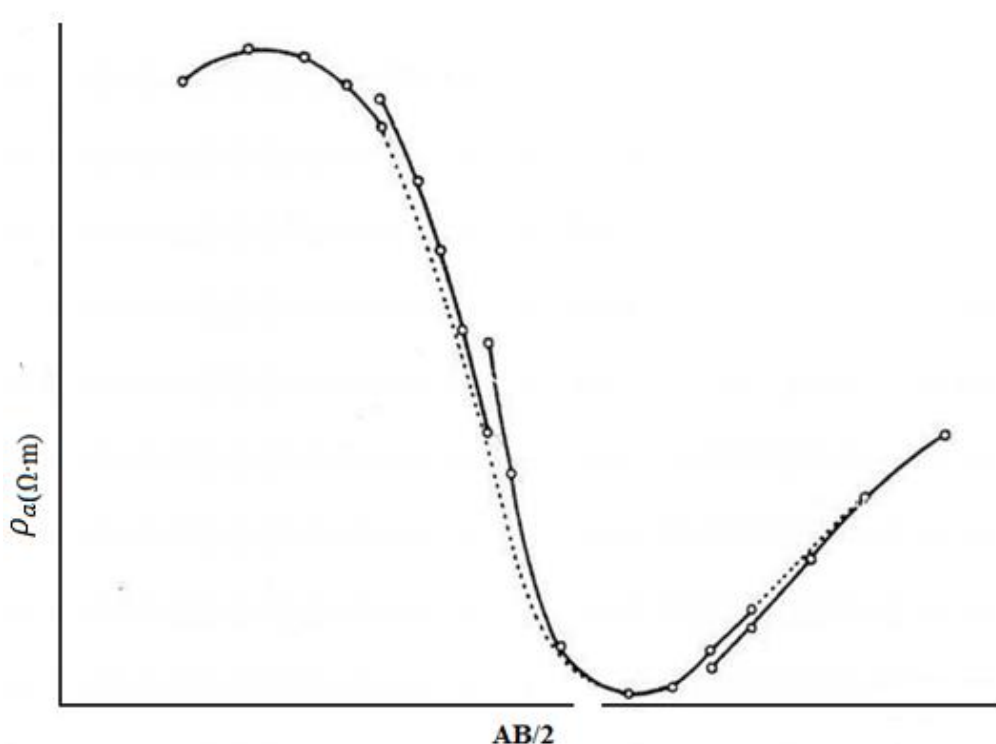
در دسترس بودن ابزارهای تفسیری پیشرفته، نیروی انسانی مناسب (در عملیات سونداژزنی)، عمق نفوذ نسبتاً مناسب، قابلیت تفکیک عمودی بالا، سرعت بالا در عملیات سونداژزنی، آشکارسازی تغییرات جانبی مقاومت ویژه در عملیات سونداژزنی و حساسیت کم نسبت به ناهمگنی‌های سطحی در عملیات سونداژزنی است. همچنین از جمله معایب آن این است که: داده‌های برداشت شده در سونداژزنی نیاز به تصحیح دارد و همچنین مشکل دیگر جفت‌شدگی الکترومغناطیسی نسبتاً بالای این آرایش است. در برداشت‌های صحرایی مقاومت ظاهری در مقابل $AB/2$ (نصف فاصله الکترودهای جریان) بر روی کاغذ log-log ترسیم می‌شود. منحنی بدست آمده یک منحنی خام شلومبرژه محسوب می‌شود؛ که ناهمگنی‌های سطحی بر روی آن تاثیر زیادی دارد. منحنی حاصل از اندازه‌گیری با آرایش شلومبرژه در شکل (۴-۱) نشان داده شده است. با توجه به اینکه، که این منحنی از قطعات جداگانه‌ای تشکیل شده است، با استفاده از قواعد زیر می‌توان به وجود تغییرات جانبی در زیر سطح زمین پی برد

[Mooney, 1980].

قسمت صعودی : (با MN کوچکتر) ρ_a (با MN بزرگتر) ρ_a

قسمت نزولی: (با MN کوچکتر) ρ_a (با MN بزرگتر) ρ_a

در صورتی که این دو شرط برقرار باشند، تغییرات جانبی مقاومت ویژه در محل سونداژ وجود ندارد.



شکل ۴-۱: منحنی سونداژ برداشت شده با استفاده از آرایش شلومبرژه [Mooney, 1980]

۱-۵- تفسیر^۱ داده‌های سونداژزنی

تفسیر داده‌های سونداژزنی مقاومت ویژه برای به دست آوردن مدل ژئوالکتریکی یک بعدی به کمک لایه-بندی زیر سطح زمین انجام می‌شود. به منظور تفسیر دقیق تر و تعیین تعداد، ضخامت و جنس لایه‌های زیر سطحی و سفره آب زیرزمینی با استفاده از مدل ژئوالکتریکی حاصل، باید اطلاعاتی از ساختارهای زمین‌شناسی و عمق سطح آب منطقه داشته باشیم. روش اساسی برای تفسیر یک سونداژ شامل مراحل زیر است.

۱- در نظر گرفتن یک مدل زمین‌آزمون اولیه

۲- محاسبه منحنی نظری مورد انتظار از این مدل

^۱ Interpretation

۳- مقایسه این منحنی نظری با منحنی صحرایی مشاهده‌ای

۴- تصحیح یا تغییر مدل در نظر گرفته شده، زمانی که بهترین انطباق ممکن با منحنی مشاهده‌ای به دست آید.

هدف تفسیر سونداژ مقاومت ویژه الکتریکی، دستیابی به مدل ژئوالکتریکی است که با اطلاعات زمین-شناسی و هیدرولوژیکی منطقه مطابقت داشته باشد. از این رو تفسیر صحیح به تجربه و تبحر در مسائل ژئوالکتریک و همچنین آگاهی از اطلاعات هیدرولوژیکی و زمین‌شناسی منطقه مورد نظر بستگی دارد. امروزه با استفاده از نرم افزارهای موجود ارزیابی داده‌ها سریع‌تر انجام شده و در زمان و هزینه صرفه‌جویی می‌شود.

۱-۶- سابقه و ضرورت انجام تحقیق

درباره ایجاد ارتباط بین داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی و پارامترهای کیفی آب زیرزمینی در دنیا مطالعات متعددی انجام شده و مقالات مختلفی نیز در این زمینه چاپ شده است؛ که از جمله این کارها می‌توان به مقاله وایت^۱ (۱۹۹۴) اشاره نمود؛ که توانست با تزریق نمک و روش‌های مقاومت‌ویژه سرعت و جریان آب را اندازه‌گیری و کنترل کند. همچنین تیتوف^۲ و همکاران (۲۰۰۵) توسط روش‌های الکتریکی و مطالعات هیدروشیمی خاک‌های آلوده و آب‌های زیرزمینی آلوده به نفت را شناسایی کردند. هادلر^۳ و همکاران (۲۰۰۶) نیز توانستند با روش مقاومت‌ویژه مرز بین آب شور و آب شیرین را تعیین کنند، اشاره نمود. در ایران نیز تحقیقات پراکنده‌ای در زمینه ایجاد ارتباط بین داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی و پارامترهای کیفی آب زیرزمینی انجام شده است؛ که از آن جمله می‌توان به پایان‌نامه

^۱White

^۲Titov

^۳Hodler

کارشناسی ارشد راه چمنی (۱۳۹۰) تحت عنوان تعیین ارتباط بین تغییرات هیدروشیمیایی و مقاومت- ویژه الکتریکی حاصل از مدل سازی و تفسیر سونداژهای ژئوالکتریک آب زیرزمینی در منطقه چناران و همچنین پایان نامه کارشناسی ارشد پور سرداری (۱۳۹۱) تحت عنوان مدل سازی تفسیر سونداژهای الکتریکی به منظور اکتشاف آب زیرزمینی و ایجاد ارتباط بین نتایج مدل سازی و تفسیر پارامترهای آب در منطقه میامی جنوبی اشاره نمود. در این پایان نامه که با عنوان مدل سازی و تفسیر سونداژهای مقاومت ویژه و بررسی پارامترهای کیفی نمونه های آب گرفته شده، از چاه ها و تعیین ارتباط بین پارامترهای کیفی و مقاومت ویژه سفره آب زیرزمینی در منطقه بسطام پیشنهاد شده، سعی خواهد شد؛ تا ارتباط بین پارامترهای کیفی (EC, TDS) و یون کلر) آب چاه ها و داده های مقاومت ویژه الکتریکی به دست آمده در منطقه مذکور تعیین گردد.

۱-۷- روش انجام تحقیق

پس از مرور مقالات و به دست آوردن الگوهای کار انجام شده، ابتدا داده های سونداژ مقاومت ویژه موجود از منطقه به وسیله منحنی های استاندارد و سپس با کمک نرم افزارهایی مثل IPI2WIN، IX1D ، RES2DINV و ZONDRES2D مدل سازی و تفسیر شده اند؛ تا عمق و ضخامت تقریبی لایه های آب زیرزمینی و همچنین ضخامت عمق و مقاومت ویژه سایر لایه های زمین شناسی در منطقه مورد نظر مشخص شدند. سپس از نتایج تفسیر سونداژها اطلاعات چاه ها و چاه های نظارتی و سایر اطلاعات (مانند زمین شناسی و توپوگرافی) منطقه استفاده شده، نقشه های لازم تهیه می شوند. همچنین تغییرات پارامترهای کیفی آب (EC, TDS) و یون کلر) با توجه به نتایج آنالیز آب ها مورد بررسی مکانی، زمانی

و آماری قرار گرفته و در نهایت ارتباط کمی بین پارامترهای ذکر شده و داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی بدست آمده، تعیین گردید.

۸-۱- ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه شامل شش فصل می‌باشد. در فصل اول به بیان کلیاتی شامل مقاومت‌ویژه زمین و عوامل موثر بر مقاومت‌ویژه پرداخته شده است. در فصل دوم، زمین‌شناسی منطقه و موقعیت سونداژها، چاه‌ها و نقشه‌های مربوط به آنها آورده شده است. در فصل سوم مدل‌سازی و تفسیر یک‌بعدی داده‌های برداشتی انجام شده است. در فصل چهارم مدل‌سازی و تفسیر دوبعدی داده‌های سونداژالکتریکی مقاومت‌ویژه با نرم‌افزارهای RES2DINV و ZONDRES2D مطرح شده است. همچنین در فصل پنجم، رابطه همبستگی بین تغییرات هیدروشیمیایی به‌دست‌آمده از چاه‌های آب و نتایج تفسیر داده‌های مقاومت‌ویژه نشان داده شده است. در فصل ششم، به بیان نتیجه‌گیری‌ها و ارائه پیشنهاداتی پرداخته شده است.

فصل دوم:

زمین‌شناسی منطقه و موقعیت

سונداژها، چاه‌ها

۲-۱- مقدمه

بر اساس قرارداد منعقد شده بین شرکت آب منطقه‌ای استان سمنان و مهندسین مشاور شرکت سازند آب پارس، مطالعات ژئوفیزیکی دشت بسطام واقع در استان سمنان توسط کارشناسان و مهندسین مشاور این شرکت در سال ۱۳۸۸ انجام گرفت. به منظور یافتن پاسخ برخی از ابهامات و پیچیدگی‌های هیدروژئولوژیکی و نیز برآورد برخی دیگر از پارامترهای زیرزمینی و در نهایت انتخاب و پیشنهاد نقاط مناسب جهت حفاری؛ کاوش‌های ژئوالکتریکی مشتمل بر سونداژهای الکتریکی با آرایه شلومبرژه با طول الکترودهای جریان حداکثر ۱۰۰۰ متر در محدوده فوق‌الذکر به کار گرفته شد.

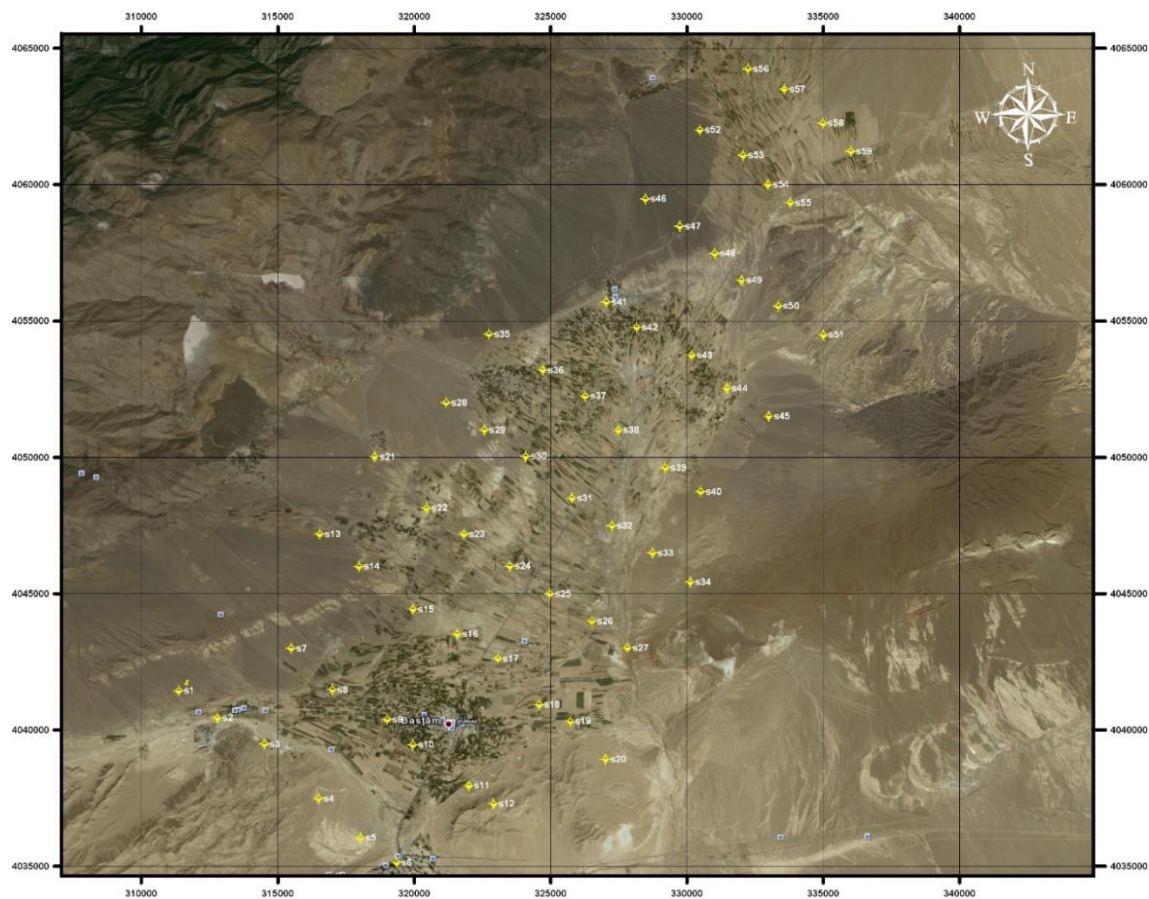
۲-۱-۱- موقعیت جغرافیایی دشت بسطام

منطقه مورد مطالعه در استان سمنان و شهر بسطام واقع گردیده است. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل (۲-۱) آورده شده است. این شهر در شمال شرق شاهرود در زون ۳۹ مختصات UTM قرار گرفته و دارای حداکثر ارتفاع ۱۶۱۱ متر از سطح دریا می‌باشد. این منطقه در جنوب ارتفاعات البرز می‌باشد. سمنان، استان پهناوری است که از شمال با استان گلستان و مازندران از شرق با استان خراسان و از غرب با استان تهران و از جنوب با استان‌های یزد، اصفهان و قم همجوار است. تنوع آب و هوایی و همچنین تنوع در میزان بارندگی و تماس با حوضه‌های آبریز شمالی و اتصال به کویر مرکزی از ویژگی‌های این استان است.

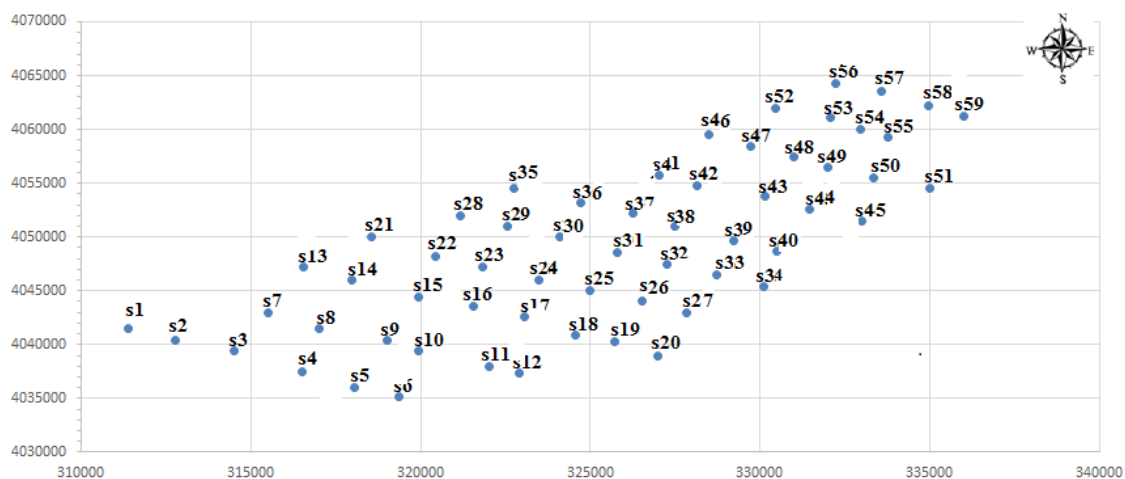


شکل ۲-۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه برگرفته از Google Earth

در منطقه مورد مطالعه ۵۹ عدد سونداژ ژئوالکتریکی بر روی ده پروفیل تقریباً موازی، با راستای شمال- غربی به جنوب شرقی طراحی و ایجاد گردید؛ که موقعیت آنها در شکل‌های (۲-۲) و (۲-۳) نشان داده شده است.



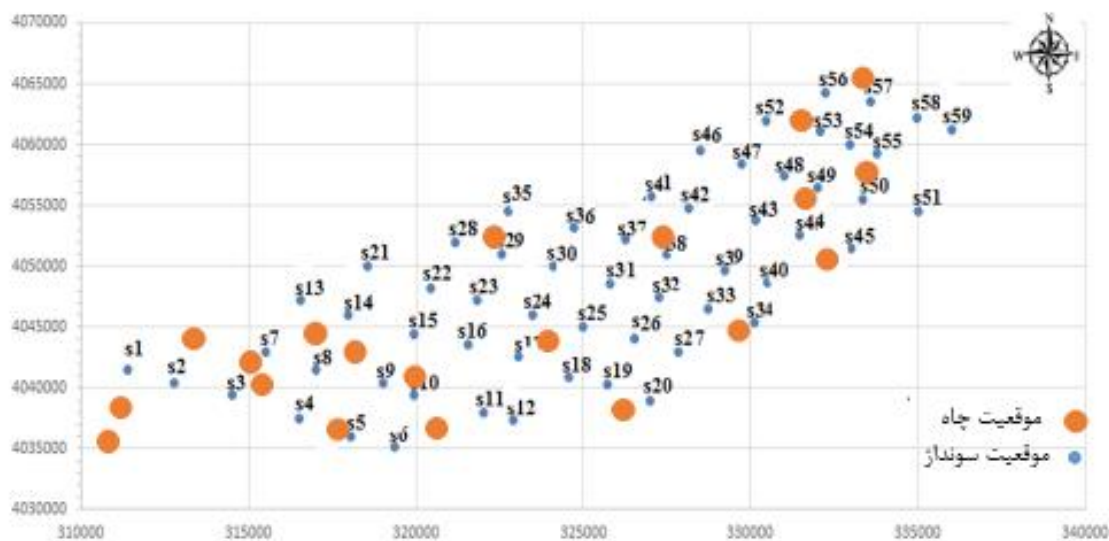
شکل ۲-۲: موقعیت منطقه و سونداژهای موردنظر برگرفته از Google Earth



شکل ۲-۳: موقعیت سونداژهای مقاومت‌سنجی در منطقه دشت بسطام

۲-۲- موقعیت چاه‌های آب منطقه مورد مطالعه

در این منطقه چند صد حلقه چاه دستی، نیمه عمیق و عمیق وجود دارد؛ که می توان از اطلاعات تعدادی از آنها شامل سطح ایستابی و مختصات جغرافیایی برای تفسیر بهتر داده های سونداژ مقاومت-ویژه استفاده نمود. موقعیت قرارگیری برخی از این چاه ها و نحوه قرارگرفتن آنها نسبت به سونداژها در شکل فوق آمده است (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۴: موقعیت قرارگیری چاه ها و سونداژها نسبت به یکدیگر

۲-۳- زمین شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه

موقعیت منطقه مورد مطالعه برروی نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان در شکل (۲-۵) نشان داده شده است. از نظر زمین شناسی محدوده مورد مطالعه را نهشته های کواترنری می پوشاند. دانه بندی رسوبات که از دامنه ارتفاعات تا نواحی پست دشت ها گسترده شده اند، با دور شدن از ارتفاعات (از سمت شمال غربی به سمت جنوب شرقی) کاهش می یابند. تغییرات آبرفت ها در اثر تناوب چرخه های کم باران و پرباران و رخداد های زمین ساختی آن ها را به واحدهای مختلف تقسیم بندی می کند.

واحد Q^{t1} : این واحد شامل پادگانه ها و نهشته های آبرفتی قدیمی و رسوبات آبرفتی است در قسمت بالادست رودخانه ها و یا در کنار دره ها تشکیل شده است.

واحد Q^{t2} : این واحد شامل پادگانه‌ها و نهشته‌های آبرفتی قدیمی و جدید با سیمان بسیار سست و بافت

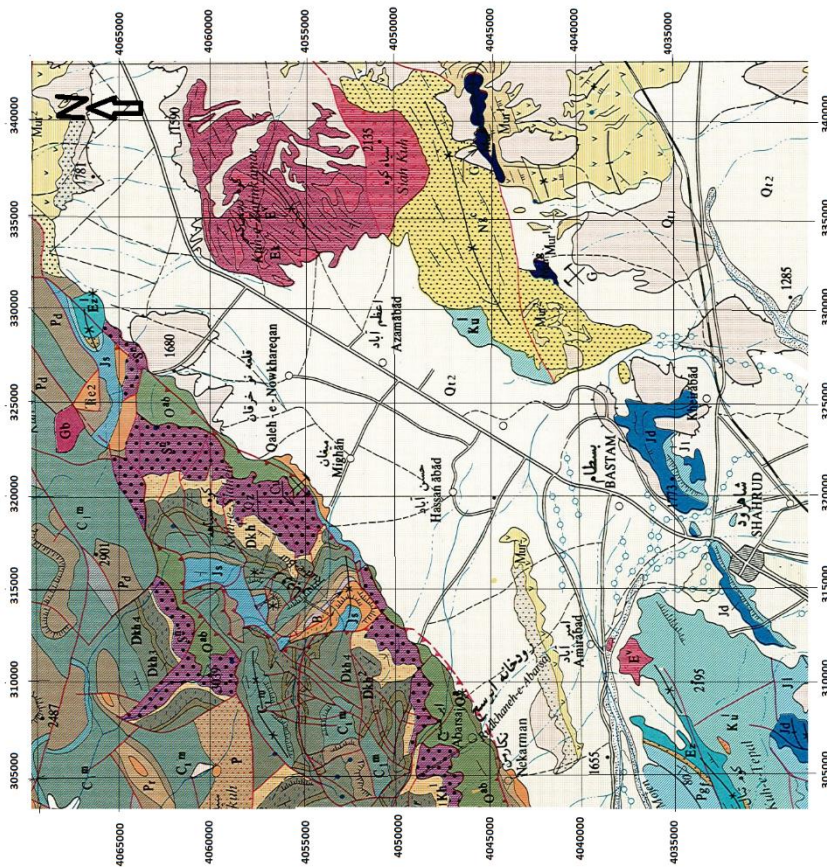
رسوبی متغیرند؛ که در شمال منطقه گسترش پهناوری دارند. همچنین در جنوب منطقه هر دو واحد Q^{t1} و

Q^{t2} دیده می‌شود.

واحد Q^{cf} : این واحد که از پهنه‌های رسی تشکیل شده است، تنها در شمال غرب و جنوب شرق منطقه دیده می‌شود .

واحد Q^{a1} : این واحد شامل رسوبات پرکننده بستر رودخانه‌ها و آبراهه‌ها است؛ که از آبرفت‌های عهد حاضر و رسوبات رودخانه‌ای می‌باشد.

واحد Q^{sc} : این واحد شامل رسوبات ماسه‌ای، رسی-سیلتی و رس می‌باشد. این رسوبات دارای ضخامت زیاد هستند و در قسمت میانه منطقه دیده می‌شوند.



QUATERNARY		Q^m : Caspian Sea	دریای خزر
		Q^{al} : Mud flat, Q^{st} : Kavar, Salt flat, playa lake	پهنه گلی، کویر، پهنه نمکی، دریاچه فصلی
		Q^{al} : Recent alluvium, river beds	آبرفت‌های جوان پستر رودخانه‌ها
		Q^b : Land slide	زمین لغزه
		Q_{12} : Young terraces and alluvial fan	پادگانه‌های جوان و مخروط افکنه آبرفتی
		Q_{11} : Old Terraces and gravel fan	پادگانه‌های قدیمی و مخروط‌های افکنه
		Q_{tr} : Travertin	تراورتن
		Q^l : Loess	لس
		Q^k : Sandy - silty clay, clay	رس ماسه‌ای و سیلت‌دار، رس
		$Q - P^f$: Conglomerate, sandstone	سنگ جوش، ماسه سنگ
PLIO		P^f : Conglomerate, sandstone	سنگ جوش، ماسه سنگ
		$Ng^{m.s}$: Marl, sandstone, gypsiferous marl, gypsum	مارن، ماسه سنگ، و مارن‌های گچ‌دار، گچ
NEOGENE		Ng^c : Conglomerate, red	سنگ جوش قرمز رنگ
		Mur^2 : Marl, gypsiferous marl, red	مارن، مارن‌های گچ‌دار برنگ قرمز
		Mur^1 : Sandstone, conglomerate	ماسه سنگ - سنگ جوش
		Mur^g : Gypsum	گچ

۵-

-نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی منطقه [سازمان زمین‌شناسی]

۲-۴- عملیات صحرائی

در منطقه مورد مطالعه ۵۹ عدد سونداژ ژئوالکتریکی بر روی ده پروفیل تقریباً "موازی، که از سمت جنوب غرب به سمت شمال شرق با راستای شمال غربی به جنوب شرقی در مورد تمامی پروفیل‌ها طراحی و ایجاد گردید؛ که موقعیت آنها در شکل (۲-۲) نشان داده شده است.

کاوش‌های ژئوالکتریک مشتمل بر روش‌های سونداژ الکتریکی با آرایه شلومیرژه و با طول الکترودهای جریان حداکثر ۱۰۰۰ متر در محدوده فوق‌الذکر به کار گرفته شد. دستگاه اندازه‌گیر دارای حساسیت ۰/۰۰۱ میلی ولت بوده که به همراه تجهیزات دیگر نظیر کابل، قرقره و الکترودها برداشت داده‌های صحرائی امکان‌پذیر شده است (شکل ۲-۶). همچنین در حین کار از الکترودهای بلند استفاده گردیده؛ تا از سطح کاملاً خشک زمین عبور کرده و به قسمت‌های متراکم و یا مرطوب اتصال نماید. همچنین در برخی از نقاط با ریختن آب به پای الکترودها سعی شده، تا اتصال خوبی بین الکترودها و سطح زمین برقرار شود و جریان خوبی به زمین تزریق گردد.



شکل ۲-۶: تجهیزات استفاده شده در عملیات صحرائی

اطلاعات مربوط به خطوط برداشت در جدول (۱-۲) قابل مشاهده است.

جدول ۱-۲: اطلاعات مربوط به خطوط برداشت

شماره پروفیل	تعداد سونداژ	فواصل سونداژها (متر)
P1	6	1592-2818
P2	6	1117-2544
P3	8	1292-2536
P4	7	1636-2676
P5	7	1717-2281
P6	6	1563-2374
P7	5	1441-2263
P8	6	1392-1964
P9	4	1059-1835
P10	4	1460-1878

مشکل اساسی در برداشت‌ها وجود ناهمواری‌های به وجود آمده توسط سیلاب‌ها و رودخانه‌ها که عبور از آنها با دشواری‌هایی توأم شده، همچنین مسیر آبراهه‌های اراضی که اغلب رسی بوده و وجود مسیرهای گل‌آلود رسی در طول مسیر نیز مشکلاتی را برای برداشت ایجاد می‌نماید.

فصل سوم:

مدل سازی و تفسیر یک بعدی

داده‌های مقاومت ویژه برداشت

شده

۳-۱- مقدمه

آن چه در این فصل به آن پرداخته می شود، جنبه تعبیر و تفسیر فیزیکی مسئله است. هر چند لازم است با اطلاعات زمین شناسی منطقه مقایسه ای صورت گرفته و بر اساس آن تعبیر و تفسیر شود. بنابراین یک تعبیر و تفسیر کامل هم به تجربه و هم به تبحر کافی در مسائل ژئوالکتریک بستگی داشته و همچنین مستلزم آن است که اطلاعات جامعی از زمین شناسی منطقه مورد مطالعه وجود داشته باشد.

۳-۲- تفسیر کیفی سونداژهای الکتریکی

برای ساختارهای مختلف تغییر شیب منحنی ها، شاخه های بالارونده و پایین رونده منحنی و مسائلی از این قبیل می تواند، اهمیت ویژه ای را برای افراد با تجربه به همراه داشته باشد. در قدم اول نتایج سونداژهای الکتریکی را در سیستم محورهای لگاریتمی طوری ارائه می نمایند؛ که ρ_a تابعی از فاصله الکترودی یا طول آرایه ($\frac{AB}{2}$) در سونداژهای الکتریکی برداشت شده (با آرایش شلومبرژه) باشد. سپس نمودار حاصل را بر روی کاغذ کالک با محورهای لگاریتمی مشخص می کنند. به طور کلی آن چه که در تعبیر و تفسیر کیفی یک منحنی سونداژ الکتریکی مورد توجه قرار می گیرد، نقاط ماکزیمم و مینیمم روی منحنی است. هر ماکزیمم یا مینیمم برای طبقات افقی می تواند معرف وجود یک لایه با مقاومت ویژه متفاوت باشد؛ هر چند که این یک قاعده کلی نیست و برای این که یک لایه بتواند خود را روی منحنی نشان دهد، باید دارای ضخامت کافی و تفاوت مقاومت ویژه مناسب با بقیه طبقات مجاور خود باشد [حجت، ۱۳۸۲].

۳-۳- تفسیر کمی سونداژهای الکتریکی

مجموعه ای از منحنی های استاندارد (آباک ها) برای طبقات افقی دو تا چهار لایه ای تهیه شده اند. برای تفسیر لازم است دسته ای از منحنی های استاندارد را که مشابه منحنی سونداژ الکتریکی بدست آمده

است، مشخص نمود و مشخصات لایه‌های مربوط به سونداژ مذکور را تعیین کرد. یک منحنی سونداژ الکتریکی، مربوط به طبقات افقی باید شرایط زیر را داشته باشد:

الف) شیب قسمت بالارونده منحنی نباید از ۴۵ درجه بیشتر باشد.

ب) شعاع انحنای منحنی در نزدیکی نقطه ماکزیمم آن نباید از حد معینی کوچک‌تر باشد (این مقدار تقریباً برابر با نسبت ۲ در مقیاس لگاریتمی انتخاب شده است) [Mooney, 1980].

در خصوص شیب قسمت پایین‌رونده منحنی سونداژ الکتریکی و شعاع انحنای آن در نزدیکی نقطه مینیمم، محدودیت‌هایی مانند قسمت‌های الف و ب و حتی شدیدتر وجود دارد [Mooney, 1980].

پس از مشخص شدن منحنی سونداژ الکتریکی مربوط به طبقات افقی، تعیین مشخصات لایه سطحی به سادگی امکان‌پذیر است. برای این کار لازم است؛ از منحنی‌های استاندارد (برای دو لایه) استفاده نمود. مجانب منحنی برای مقادیر اندک فاصله الکترودی، مشخص کننده مقاومت‌ویژه لایه اول است. اما برای تعیین مشخصات این لایه، لازم است، منحنی آن لایه بر منحنی استاندارد مربوطه منطبق گردد [Mooney, 1980].

تقاطع محورهای افقی و قائم منحنی استاندارد را روی کاغذ لگاریتمی که منحنی سونداژ الکتریکی روی آن رسم شده؛ با علامت (+) مشخص نموده و مختصات این نقطه بدست می‌آید. طول این نقطه معادل ضخامت و عرض آن معادل مقاومت‌ویژه لایه اول می‌باشد [Mooney, 1980].

برای تعیین مشخصات لایه‌های دیگر از منحنی‌های کمکی و فرعی استفاده کرده و می‌توان مشخصات لایه‌های دیگر را به راحتی تعیین نمود. در نتیجه تفسیر، مدلی به دست می‌آید؛ که شامل مقاومت‌ویژه هر لایه، ضخامت و عمق هر لایه و تعداد لایه‌ها می‌باشد.

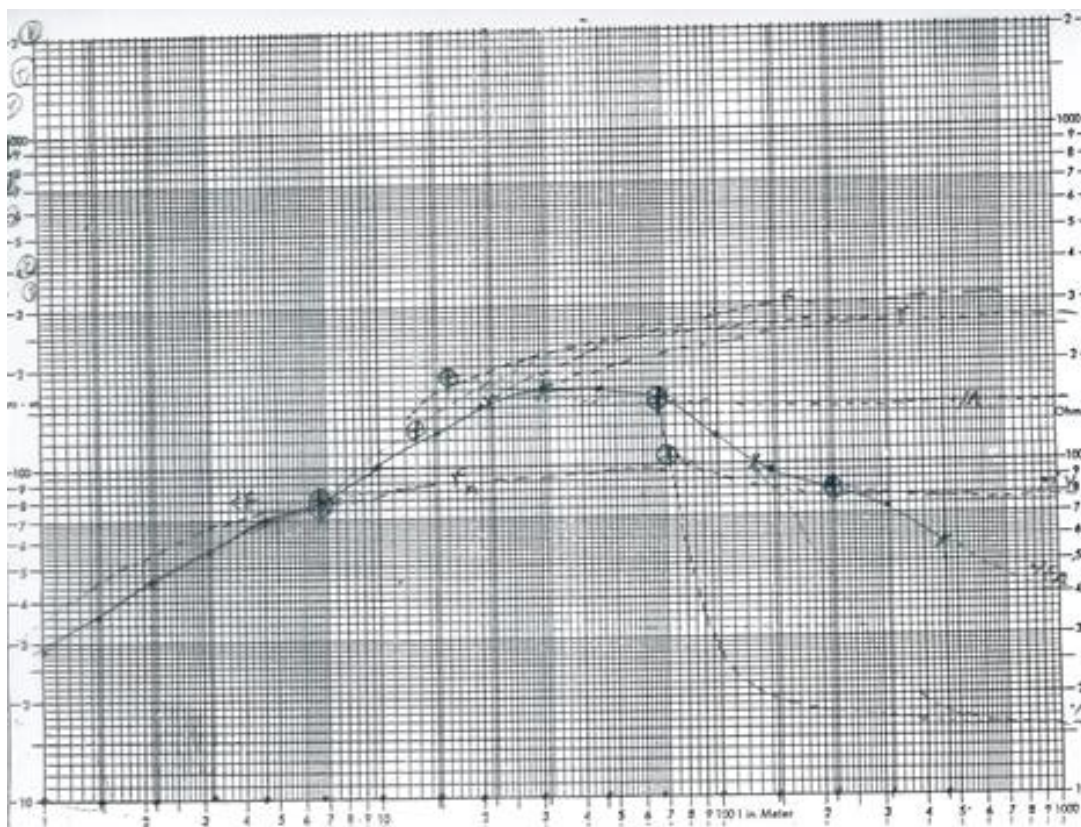
۳-۴- تفسیر سونداژهای الکتریکی برداشت‌شده در محدوده مورد

مطالعه

برای بدست آوردن مقادیر مقاومت ویژه حقیقی و ضخامت لایه‌ها در تفسیر یک‌بعدی داده‌های برداشت- شده محدوده مورد مطالعه، از منحنی‌های استاندارد و نرم‌افزارهای رایانه‌ای مانند IPI2WIN و IX1D استفاده شده است. منحنی‌های سونداژ الکتریکی ابتدا به روش دستی با استفاده از سرمنحنی‌های دولایه‌ای و کمکی و سپس با استفاده از نرم‌افزارهای رایانه‌ای، مورد تفسیر قرار گرفته‌اند. در نهایت با مقایسه نتایج بدست آمده و سایر اطلاعات موجود از منطقه، نتایج نزدیک‌تر به واقعیت انتخاب شده‌اند. در منطقه موردنظر تعداد ۵۹ عدد سونداژ الکتریکی برداشت شده توسط روش شلومبرژه، مورد تفسیر قرار گرفتند. به دلیل حجم بالای کار و تعداد نسبتاً زیاد سونداژها نتایج تفسیرها در این فصل ذکر نشده و در پیوست ارائه گردیده است. در این جا فقط به ذکر یک مورد بسنده شده است. در این قسمت ابتدا به طور جامع به تفسیر سونداژ S10 پرداخته می‌شود؛ که شامل نمایش تفسیر با استفاده از منحنی‌های استاندارد و نرم‌افزار مربوطه می‌باشد.

۳-۴-۱- نتایج تفسیر با استفاده از منحنی‌های استاندارد

در شکل (۳-۱) تفسیر دستی سونداژ S10 به کمک منحنی‌های استاندارد نشان داده شده است. همان طور که می‌دانید؛ ابتدا داده‌های اندازه‌گیری شده را روی کاغذ لگاریتمی شفاف مشخص کرده، منحنی مربوطه را رسم می‌کنند و کار تفسیر را به کمک منحنی‌های استاندارد انجام می‌دهند. نقاط تقاطع را با علامت + مشخص کرده؛ سپس با کمک نقاط تقاطع و منحنی‌های استاندارد مقادیر مقاومت ویژه لایه‌ها و عمق آنها مشخص می‌شود. در محل این سونداژ ۸ لایه مشخص شده است.



شکل ۱-۳: تفسیر دستی سونداژ S10 با کمک منحنی‌های استاندارد

مشخصات این لایه‌ها در جدول زیر آمده است (جدول ۱-۳).

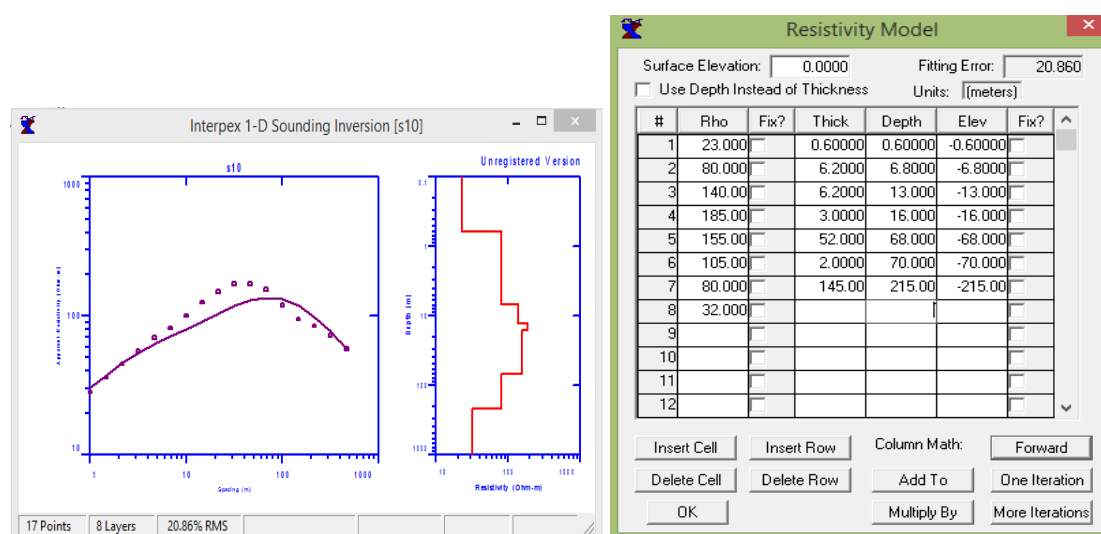
جدول ۱-۳: مقاومت ویژه و عمق هر لایه در سونداژ S10 با کمک منحنی‌های استاندارد

N	$\rho(\Omega.M)$	D(m)
1	23	0.6
2	85	6.8
3	140	13
4	185	16
5	155	68
6	105	70
7	80	215
8	32	∞

۳-۴-۲- نتایج تفسیر با وارون‌سازی با نرم‌افزار IX1D

پس از آن که نتایج حاصل با استفاده از منحنی‌های استاندارد انجام شد، نتایج حاصل، از روش دستی

در نرم افزار IX1D وارد می‌شود. پاسخ مدل پیشرو انجام شده توسط نرم‌افزار مورد نظر در شکل (۳-۳) آمده است. شکل (۳-۳) نتایج حاصل از تفسیر با منحنی‌های استاندارد را به صورت پیشرو (Forward) در نرم افزار IX1D نشان می‌دهد. انطباق نسبتاً قابل قبولی بین این مدل و مدل تخمینی نرم‌افزار وجود دارد و خطای ۲۰/۸۶ درصد برای مدل پیشرو^۱ یا اولیه به دست آمده است.

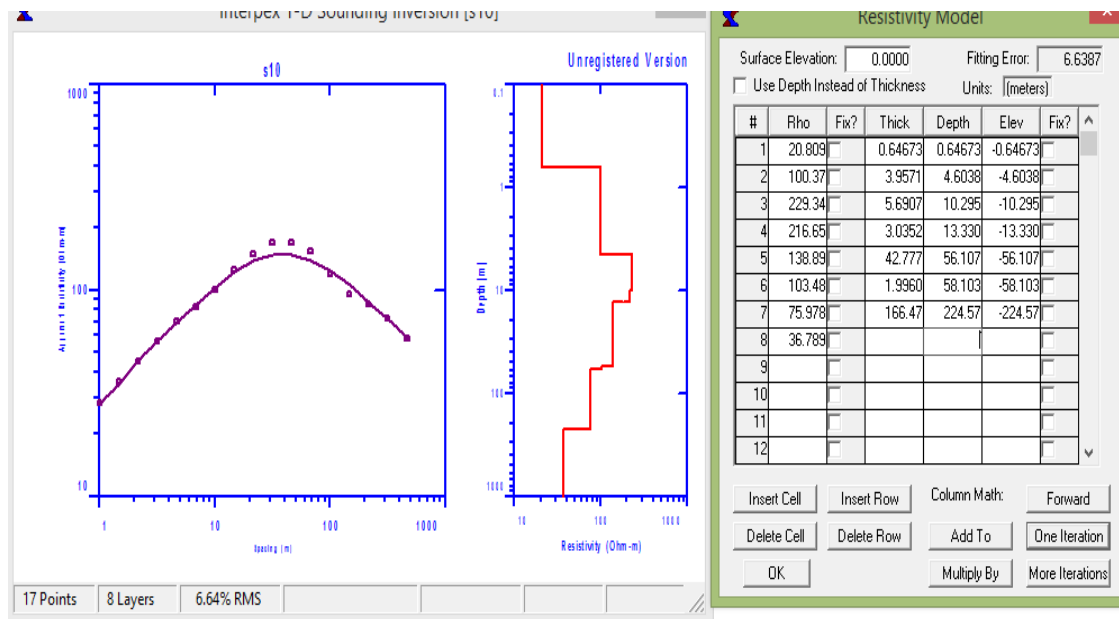


شکل ۳-۳: مدل پیشرو حاصل از نتایج تفسیر منحنی‌های استاندارد با خطای ۲۰/۸۶٪ در نرم‌افزار IX1D

۳-۴-۳- نتایج تفسیر سونداژ S10 و مدل‌سازی وارون با نرم افزار IX1D

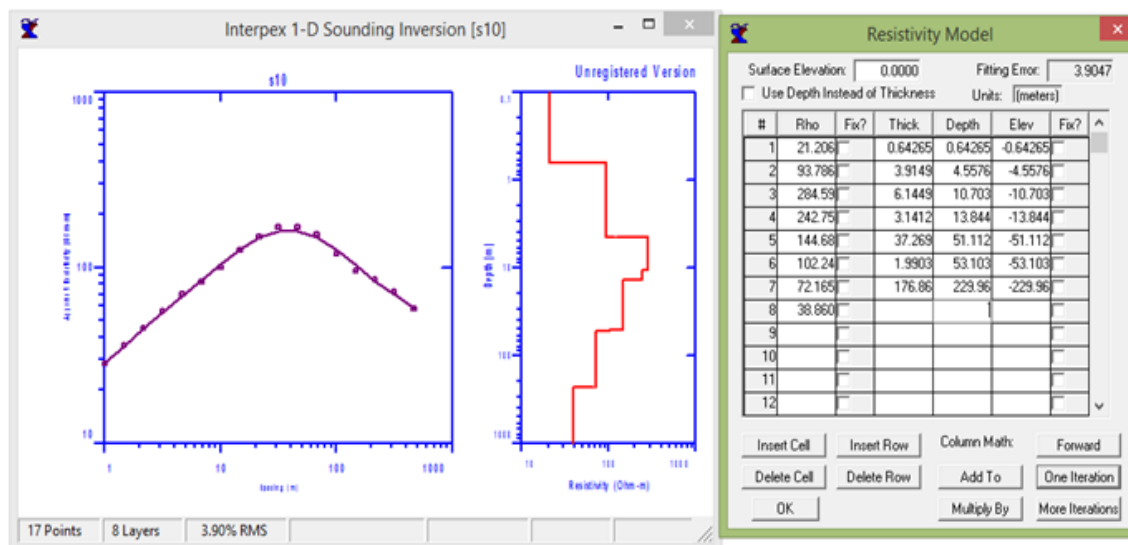
مطابق شکل (۳-۳) با انجام وارون‌سازی در یک مرحله خطا به مقدار ۶/۶۴ درصد رسیده است؛ که انطباق بهتر و قابل قبول‌تری نسبت به قبل دارد. هرچند که انطباق در برخی از نقاط هنوز کامل نیست. احتمالاً^۲ بتوان با تکرار بیشتر این انطباق را بهبود بخشیده و به خطای پایین‌تری دست یافت.

^۱Forward



شکل ۳-۳: مدل سازی وارون^۱ (Inverse) سونداژ S10 به وسیله نرم افزار IX1D با یک مرحله تکرار

در شکل (۳-۴) وارون سازی را طی دو مرحله انجام داده، خطای حاصله به ۳/۹ درصد رسیده است؛ که

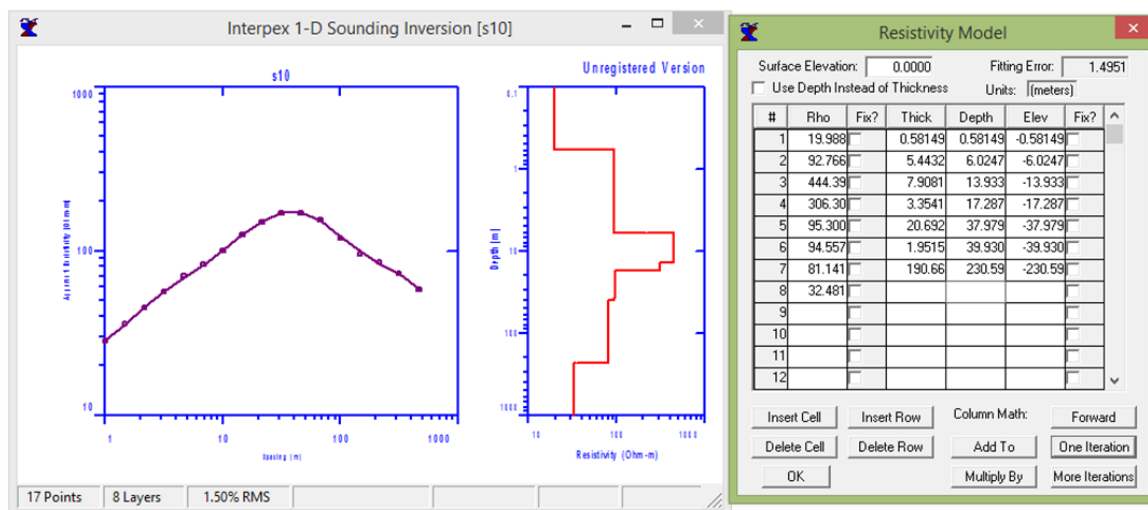


شکل ۳-۴: مدل سازی معکوس (INVERSE) سونداژ S10 به وسیله نرم افزار IX1D با دو مرحله تکرار

انطباق بهتری نسبت به مرحله نخست وارون سازی دارد.

^۱Inverse

برای به دست آوردن یک مدل کامل و خوب لازم است؛ که وارون سازی را در مراحل بیشتری انجام داد. بنابراین با ۷ بار تکرار انطباق خیلی خوبی بین این مدل و مدل تخمینی نرم افزار به وجود می آید. خطای پایین ۱/۴۹ درصد در مرحله هفتم نیز مؤید این نکته می باشد (شکل ۳-۵).

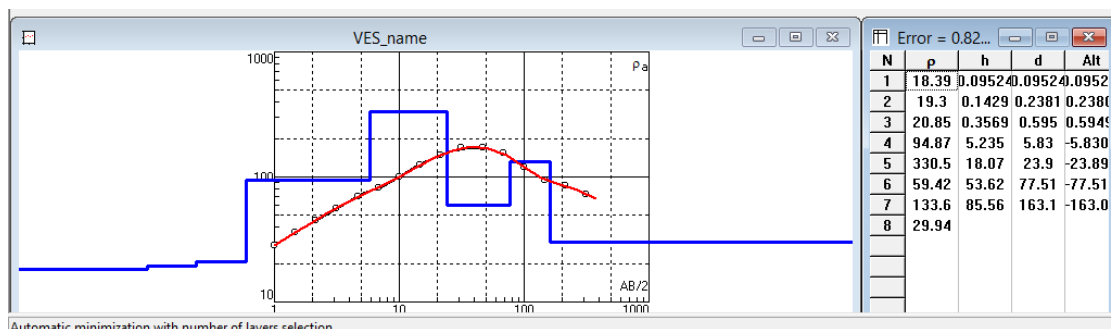


شکل ۳-۵: مدل سازی معکوس (INVERSE) سونداژ S10 به وسیله نرم افزار IX1D با هفت مرحله تکرار

۳-۵- نتایج تفسیر با نرم افزار IPI2WIN

نرم افزار IPI2WIN یک نرم افزار مناسب برای مدل سازی و تفسیر داده های مقاومت ویژه است، که به صورت اتوماتیک، یک مدل مقاومت ویژه یک بعدی را برای لایه های زیر سطح زمین، با کمک داده های بدست آمده از برداشت های الکتریکی ایجاد می کند. از این برنامه برای مدل سازی داده های حاصل از برداشت به روش های دیگر از جمله وئر، قطبی-قطبی، قطبی-دوقطبی و چندین روش دیگر استفاده می شود.

نتایج حاصل از تفسیر با منحنی های استاندارد در نرم افزار IPI2WIN وارد شده است. پس از پردازش اطلاعات، نرم افزار، مدلی متشکل از ضخامت و مقاومت ویژه لایه ها ارائه می نماید. شکل (۳-۶) خروجی نرم افزار IPI2WIN برای سونداژ S10 را نشان می دهد.



شکل ۳-۶: خروجی نرم افزار IPI2WIN برای سونداژ S10

۳-۶- نتیجه نهایی تفسیر یک بعدی سونداژ S10

نتایج به دست آمده نشان می دهد، زمین مربوطه هشت لایه بوده (جدول ۳-۲)، همچنین چاه غیائی در محدوده این سونداژ دارای سطح آب ۱۰۳ متر می باشد. نتیجه حفاری انجام شده در مجاورت سونداژ S10، عمق بین ۱۹ تا ۲۸۴ متری آبرفت درشت دانه تا متوسط آب دار است. بنابراین، با توجه به نتایج حاصل از خروجی نرم افزارهای IX1D و IPI2WIN و مطالب ذکر شده، لایه هفتم به عنوان لایه آب دار تفسیر می گردد. این لایه بین اعماق ۳۹ متری تا ۲۳۰ متری سطح زمین با ضخامت حدود ۱۹۰ متر قرار دارد.

جدول ۳-۲: نتیجه نهایی تفسیر یک بعدی سونداژ S10

سونداژ s10	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	19.98	0.58	18.39	0.095	23	0.6
لایه دوم	92.76	6.02	19.3	0.23	80	6.8
لایه سوم	444.39	13.93	20.85	0.595	140	13
لایه چهارم	306.30	17.28	94.87	5.83	185	16
لایه پنجم	95.300	37.97	330.5	23.9	155	68
لایه ششم	94.557	39.93	59.42	77.51	105	70
لایه هفتم*	81.141	230.59	133.6	163.1	80	215
لایه هشتم	32.481		29.94		32	

* لایه آبدار

۳-۷- نتایج تفسیر یک بعدی دیگر سونداژهای مقاومت ویژه

به دلیل حجم بالای کار و تعداد نسبتاً زیاد سونداژها، نتایج تفسیرها در دیگر سونداژها در این فصل ذکر نشده و در پیوست ارائه گردیده است.

با توجه به شکل منحنی‌های سونداژهای ژئوالکتریک، مناطق مورد مطالعه و سطح ایستابی چاه‌های حفر شده در مناطق مختلف و همچنین نتایج حفاری‌های ایجاد شده، مسیرگذر آب زیرسطحی از سمت شمال منطقه به سمت میانه دشت و خروجی‌های دشت جنوب و جنوب‌شرقی منطقه می‌باشد. در حاشیه جنوبی منطقه نیز به دلیل وجود سازند آهکی مقاومت لایه آبدار افزایش یافته است. رسوبات مرکزی در قسمت‌های مرکزی تا شرق و قسمت شمالی دشت، ریزدانه با مقاومت یکنواخت می‌باشد.

فصل چهارم:

مدل سازی و تفسیر دوبعدی

داده‌های سونداژهای مقاومت ویژه

۴-۱- مقدمه

در فصل قبل، نحوه تفسیر داده‌های سونداژ مقاومت‌ویژه به طور مختصر مورد بررسی قرار گرفت. همچنین نتایج حاصل از تفسیر یک‌بعدی ۵۹ منحنی سونداژ به دست آمده از داده‌های صحرایی ارائه و مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در این فصل به تفسیر دوبعدی این داده‌ها پرداخته و نتایج حاصل ارائه شده است. از محدودیت‌های روش سونداژنی مقاومت‌ویژه، این است؛ که پاسخ مناسبی نسبت به تغییرات افقی مقاومت‌ویژه الکتریکی در زیر سطح زمین ارائه نمی‌کند. با مدل‌سازی دوبعدی داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی، می‌توان تصویر دقیق‌تری از تغییرات قائم و افقی تهیه کرد. در بیشتر مواقع، خصوصاً در هنگام بررسی ساختارهای طویل زمین‌شناسی، این روش مدل‌سازی، روشی مناسب و منطقی می‌باشد [حجت، ۱۳۸۲].

برای تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی، با استفاده از نرم‌افزارهای RES2DINV و ZOND RES2D مقاطع دوبعدی مقاومت‌ویژه ظاهری، در طول هر پروفیل تهیه و مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

۴-۲- تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی برداشت‌شده با

استفاده از نرم‌افزارهای RES2DINV و ZONDRES2D

نرم‌افزار RES2DINV یک نرم‌افزار مناسب جهت مدل‌سازی و تفسیر داده‌های مقاومت‌ویژه و پلاریزاسیون القایی است، این نرم‌افزار به صورت اتوماتیک، یک مدل مقاومت‌ویژه دوبعدی برای زیر سطح زمین، با استفاده از داده‌های بدست آمده از برداشت‌های الکتریکی صحرایی ایجاد می‌کند. در این نرم‌افزار، برای مدل‌سازی وارون داده‌های مقاومت‌ویژه، از روش بهینه‌سازی کمترین مربعات غیرخطی استفاده می‌شود. همچنین از این برنامه برای مدل‌سازی داده‌های حاصل از برداشت به روش‌های ونر، قطبی- قطبی، دوقطبی، ونر- شلومبرژه و دوقطبی- دوقطبی استوایی استفاده می‌شود.

برای هر سونداژ، به طور مجزا مدل سازی وارون صورت گرفته و مدل لایه ای زیرسطحی در محدوده سونداژ مذکور، متشکل از ضخامت و مقاومت ویژه لایه ها، تعیین می گردد. آنگاه مدل های به دست آمده از تمام سونداژهای الکتریکی واقع بر روی یک خط برداشت، در کنار هم قرار داده شده و یک مقطع ژئوالکتریکی از مجموع آن ها، برای خط برداشت مذکور تولید می شود. مهم ترین مزیت این نوع مدل سازی آن است؛ که تغییرات ضخامت و ترکیب لایه ها و همچنین تغییرات ایجاد شده در روند قرارگیری آن ها در زیر هر یک از نقاط برداشت، به وضوح قابل مشاهده می باشد [حجت، ۱۳۸۲].

تفسیر دو بعدی داده های حاصل از روش شلومبرژه مقاومت ویژه الکتریکی با کمک نرم افزارهای RES2DINV و ZONDRES2D انجام شده است. مقاطع مقاومت ویژه دوبعدی برای زیر سطح زمین با کمک داده های به دست آمده از برداشت های صحرایی ایجاد شده است. نرم افزار RES2DINV یک برنامه کامپیوتری است؛ که بطور خودکار زیر سطح زمین را به تعدادی بلوک های مستطیلی شکل تقسیم بندی کرده و با روش مدل سازی معکوس داده های مقاومت ویژه الکتریکی، از روش کمترین مربعات غیرخطی استفاده می کند. این برنامه نیازی به مدل اولیه ندارد؛ بلکه به طور خودکار پارامترهای مورد نیاز را انتخاب می کند. این پارامترها که قابل تغییر هستند، در اکثر موارد نتایج معقولی به دست می دهند. نرم افزار ZONDRES2D یک برنامه کامپیوتری برای مدل سازی دوونیم بعدی داده های برداشت شده با استفاده از روش مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی (IP) می باشد. در این نرم افزار، روش اجزاء محدود به عنوان یک ابزار ریاضی برای حل مسائل مستقیم استفاده می شود. همچنین روش حداقل مربعات با قید منظم سازی برای حل مسائل معکوس مورد استفاده قرار می گیرد. این روش امکان دستیابی به مقادیر مقاومت ویژه و توزیع پتانسیل هموارتر را فراهم می کند. این نرم افزار از تمامی آرایش ها پشتیبانی می کند و قابلیت ویرایش و حذف داده ها به آسانی وجود دارد. استفاده از آن بسیار ساده است و قابلیت بسیار بالایی در نمایش مقاطع حاصل به منظور ارزیابی بیشتر جهت تفسیر بهتر و دقیق تر دارا می باشد.

[kaminsky, 2010]

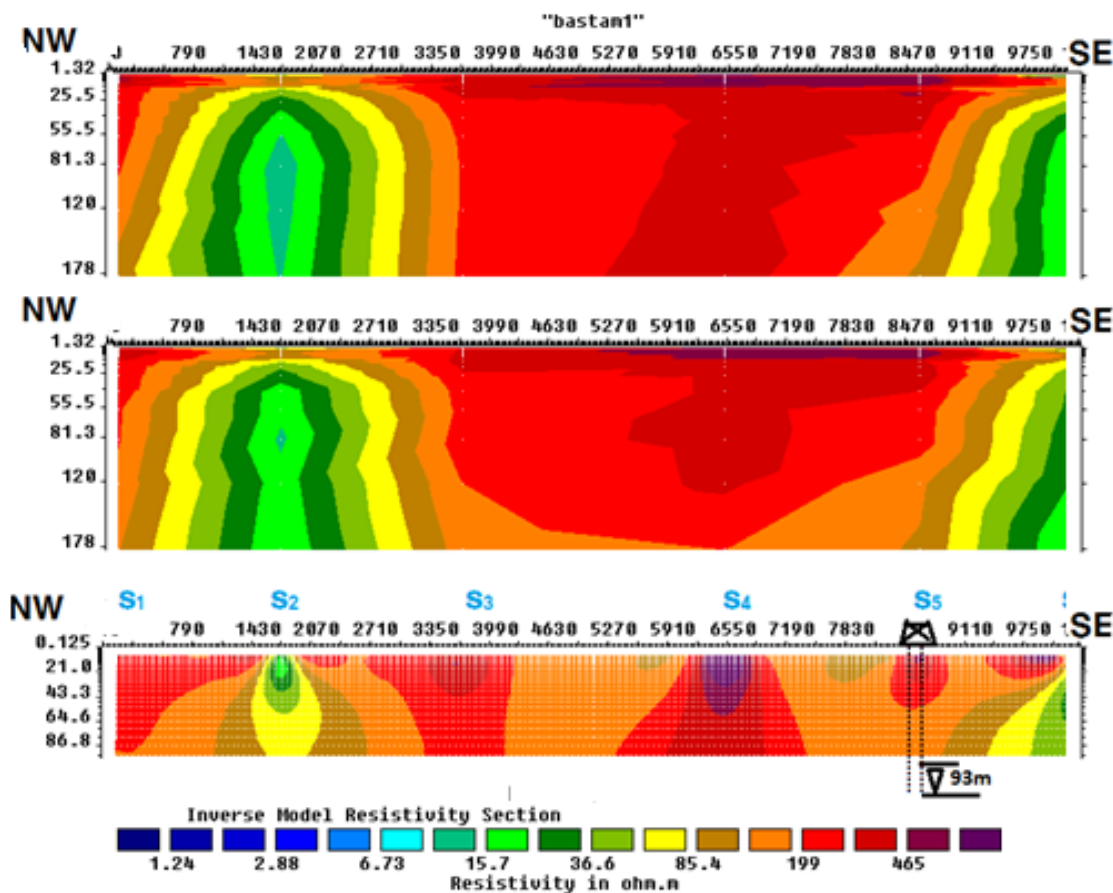
۴-۳- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل ۱

پروفیل ۱ با طول حدود ۱۰ کیلومتر در راستای شمال غربی - جنوب شرقی با تعداد ۶ سونداژ در جنوب غرب منطقه واقع است. تنها چاه بهره برداری بر روی این پروفیل چاه مخزن ۱ با سطح آب ۹۳ متر است؛ که می تواند در تفسیر این پروفیل به ما کمک کند (این چاه در فاصله حدود ۹۰ متری از سونداژ S5 قرار دارد).

شکل (۴-۱) نتیجه مدل سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۱ با استفاده از نرم افزار RES2DINV است. شکل (۴-۲) نتیجه مدل سازی دو بعدی داده های مذکور با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D می باشد. شکل (۴-۱) که نتیجه مدل سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۱ با استفاده از نرم افزار RES2DINV است، شامل سه قسمت است. شکل های بالایی و میانی مربوط به داده های خام برداشت شده در عملیات صحرایی است؛ که بر اساس آنها شبه مقطع دو بعدی مقاومت ویژه رسم شده است. شکل پایین مقطع حاصل از تفسیر و پردازش نرم افزار RES2DINV است. آنچه که در شکل (۴-۱) می توان مشاهده نمود؛ آن است که به جز در ناحیه مربوط به سونداژ S2، از بالا به پایین در راستای عمودی از عمق کمتر به عمق بیشتر، مقاومت های ویژه کاهش یافته است.

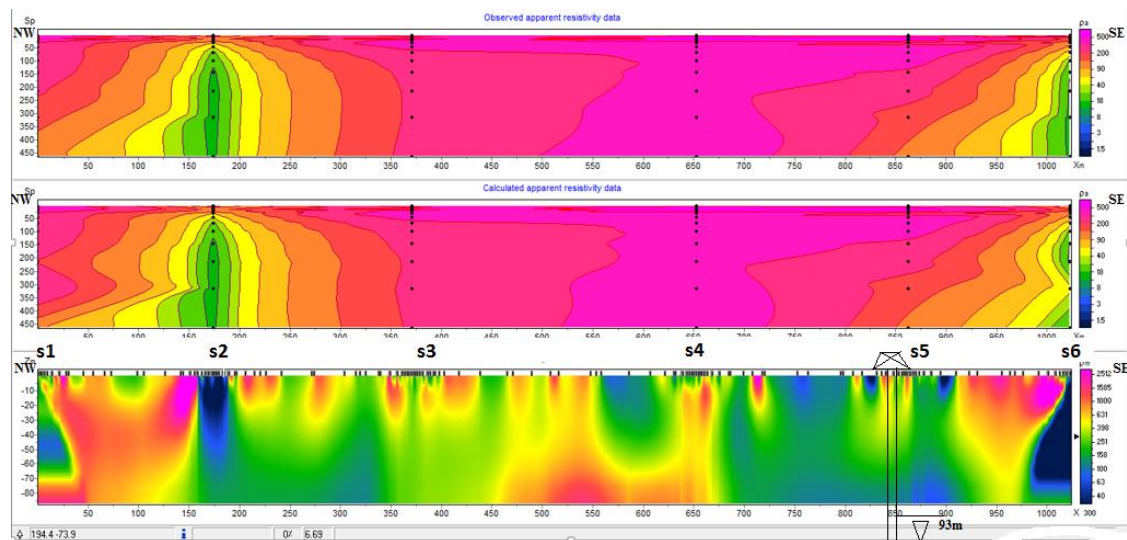
همچنین در لایه های سطحی به صورت پراکنده، توده هایی با مقاومت ویژه بالا دیده می شود؛ که به خاطر رخنمون های سطحی از جنس سنگ های آهکی و آذرین، ماسه سنگ و سنگ جوش است (گزارش زمین شناسی شرکت سازند آب پارس). مقاومت در انتهای پروفیل یعنی در سمت جنوب شرقی کاهش یافته است؛ که می تواند به خاطر دانه بندی ریزتر رسوبات در این ناحیه باشد (گزارش زمین شناسی شرکت سازند آب پارس). شکل (۴-۲) نتیجه مدل سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۱ با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D می باشد. آنچه که در این شکل می توان

مشاهده نمود؛ آن است که در ناحیه مربوط به سونداژ S2، برعکس سایر نواحی از بالا به پایین در راستای عمودی از عمق کمتر به عمق بیشتر، مقاومت‌های ویژه روبه افزایش می‌باشد.



شکل ۴-۱: مقاطع حاصل از مدل‌سازی وارون مقاومت‌ویژه پروفیل ۱ با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV

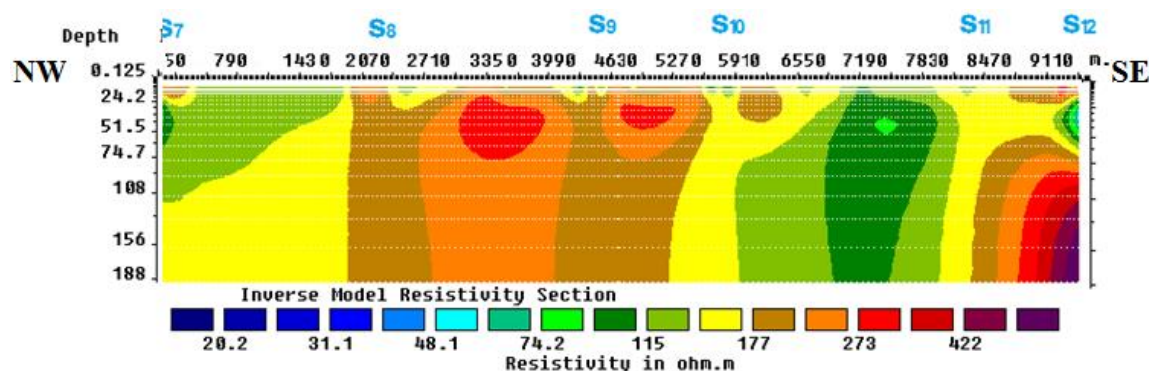
همچنین در انتهای پروفیل یعنی در سمت جنوب شرق ناحیه مربوطه (سونداژ S6) مقاومت‌ویژه کاهش یافته است. بنابراین می‌توان گفت؛ که انطباق خوبی بین نتایج دو نرم افزار RES2DINV و ZONDRES2D وجود دارد.



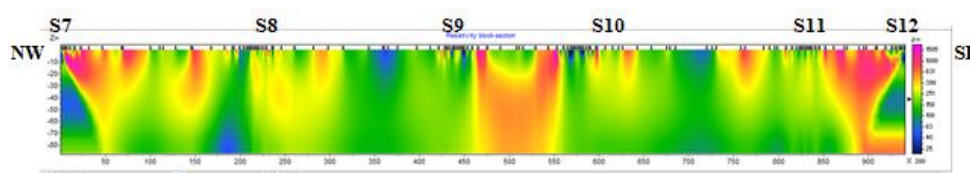
شکل ۴-۲: مقاطع حاصل از مدل سازی وارون مقاومت ویژه پروفیل ۱ با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D

۴-۴- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل ۲

پروفیل ۲ با طول حدود ۹/۴ کیلومتر در راستای شمال غربی - جنوب شرقی با تعداد ۶ سونداژ به موازات پروفیل اول در جنوب غرب منطقه واقع است. شکل (۳-۴) نتیجه مدل سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۲ با استفاده از نرم افزار RES2DINV و شکل (۴-۴) نتیجه مدل سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۲ با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D می باشد؛ بجز در برخی از نقاط محدود در فاصله بین سونداژها، مقاومت های ویژه در راستای قائم از عمق کمتر به عمق بیشتر، رو به افزایش است. در ابتدای پروفیل در محل سونداژ S7 و همچنین در فاصله بین دو سونداژ S10 تا S11 مقاومت ویژه مقدار کمتری نسبت به سایر نواحی پروفیل دارد. در انتهای پروفیل در محل سونداژ S12 نیز مقاومت های ویژه افزایش دارند.



شکل ۳-۴: مقطع حاصل از مدل سازی وارون مقاومت ویژه پروفیل ۲ با استفاده از نرم افزار RES2DINV

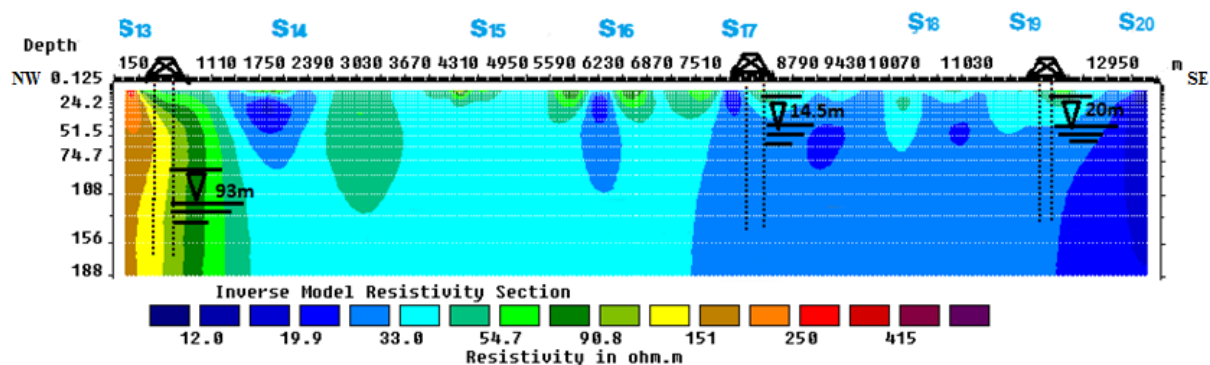


شکل ۴-۴: مقطع حاصل از مدل سازی وارون مقاومت ویژه پروفیل ۲ با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D

۴-۵- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل ۳

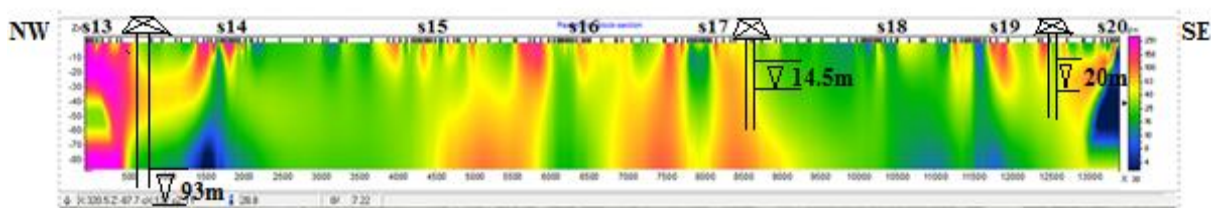
پروفیل ۳ با طول حدود ۱۳/۴ کیلومتر در راستای شمال غربی - جنوب شرقی با تعداد ۸ سونداژ به موازات پروفیل اول و دوم در جنوب غرب منطقه واقع است. شکل (۴-۵) نتیجه مدل سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۳ با استفاده از نرم افزار RES2DINV است، و شکل (۴-۶) هم نتیجه مدل سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۳ با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D می باشد. آنچه که از شکل (۴-۵) مشاهده می شود، این است؛ که مقاومت ویژه لایه ها بجز در محدوده سونداژ S13، در مابقی نقاط از مقدار خیلی کمی برخوردار است. همچنین هر چه از سمت شمال غربی پروفیل به سمت جنوب شرقی پروفیل پیش می رویم، با کاهش مقاومت ویژه روبرو می شویم. اطلاعات مربوط به سطح آب سه چاه کال چخماق با سطح آب ۱۴/۵ متر (این چاه در فاصله حدود ۱۱۷۰ متری از سونداژ S17 قرار دارد)، چاه شرف آباد با سطح آب حدود ۲۰ متر (این چاه

در فاصله حدود ۴۱۴ متری از سونداژ S19 قرار دارد) و چاه غرب ده‌خیر با سطح آب ۹۳ متر (این چاه در فاصله حدود ۸۷۰ متری از سونداژ S13 قرار دارد) که بر روی این پروفیل واقعند، در تأیید این مطلب است. همچنین تفسیر یک بعدی سونداژها در فصل ۳ نیز این نکته را تأیید می‌کند. بیشترین مقاومت‌ویژه در محدوده S13 و کمترین مقدار مقاومت‌ویژه در محدوده S20 است؛ که تغییر در نوع دانه بندی می‌تواند علت آن باشد، هرچه در امتداد پروفیل از شمال غرب به جنوب شرق پیش می‌رویم، دانه بندی‌ها ریزتر و درصد رس به شن و ماسه افزایش می‌یابد (گزارش زمین شناسی شرکت سازند آب پارس). علاوه بر آن در محدوده S17 تا S20 در راستای قائم با افزایش عمق از مقدار مقاومت‌ویژه کاسته می‌شود.



شکل ۴-۵: مقطع حاصل از مدل‌سازی وارون مقاومت‌ویژه پروفیل ۳ با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV

مطابق شکل (۴-۶) که نتیجه مدل‌سازی دو بعدی داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۳ با استفاده از نرم‌افزار ZONDRES2D می‌باشد، می‌توان به این نکته اشاره نمود؛ که مقاومت‌ویژه در محدوده سونداژ S13 نسبت به سایر نقاط بیشتر است. همچنین مقاومت در S20 کمترین مقدار را

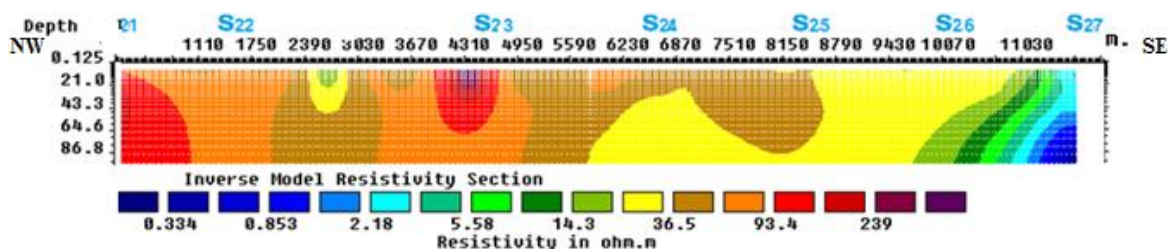


شکل ۴-۶: مقطع حاصل از مدل‌سازی وارون مقاومت‌ویژه پروفیل ۳ با استفاده از نرم‌افزار ZONDRES2D

دارا می‌باشد؛ که تاییدکننده نتایج حاصل از مدل‌سازی با نرم‌افزار RES2DINV است.

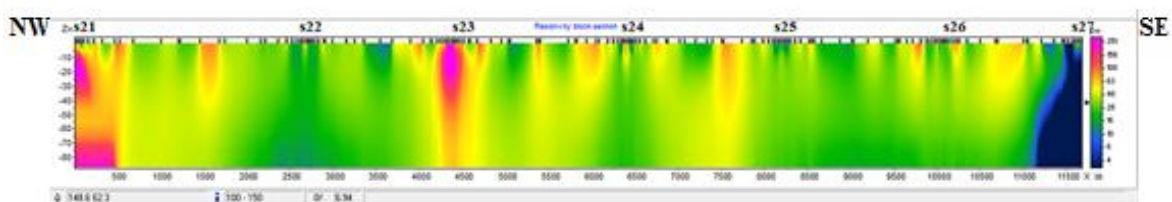
۴-۶- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل ۴

پروفیل ۴ با طول حدود ۱۱/۶ کیلومتر در راستای شمال غربی - جنوب شرقی با تعداد ۷ سونداژ به موازات پروفیل‌های قبلی، در جنوب غرب منطقه واقع است. شکل (۷-۴) نتیجه مدل‌سازی دو بعدی داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۴ با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV است و شکل (۸-۴) نتیجه مدل‌سازی دوبعدی داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۴ با استفاده از نرم‌افزار ZONDRES2D می‌باشد. همچنین می‌توان از نتایج تفسیر یک بعدی در فصل ۳ و مطالب مربوط به زمین‌شناسی در فصل ۲ نیز برای تفسیر بهتر کمک گرفت. آنچه که از مشاهده شکل (۷-۴) می‌توان نتیجه گرفت؛ آن است؛ که مقاومت‌ویژه لایه‌ها در محدوده سونداژ S25 تا S27 نسبت به سایر نقاط در طول پروفیل کمتر است و مقدار مقاومت‌ویژه لایه‌ها در محدوده S27 به کمترین مقدار خود در طول پروفیل می‌رسد؛ که می‌تواند به علت تغییر در نوع دانه‌بندی باشد. در این محدوده دانه‌بندی به صورت ریزدانه مرطوب می‌باشد (گزارش. زمین‌شناسی شرکت سازند آب پارس). تفسیر یک‌بعدی سونداژها در فصل ۳ نیز مؤید این نکته می‌باشد. علاوه بر آن مقدار مقاومت‌ویژه در محدوده S21 بیشترین مقدار خود را دارد؛ که با نتایج تفسیر یک‌بعدی در فصل ۳ نیز مطابقت دارد.



شکل ۷-۴: مقطع حاصل از مدل‌سازی وارون مقاومت‌ویژه پروفیل ۴ با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV

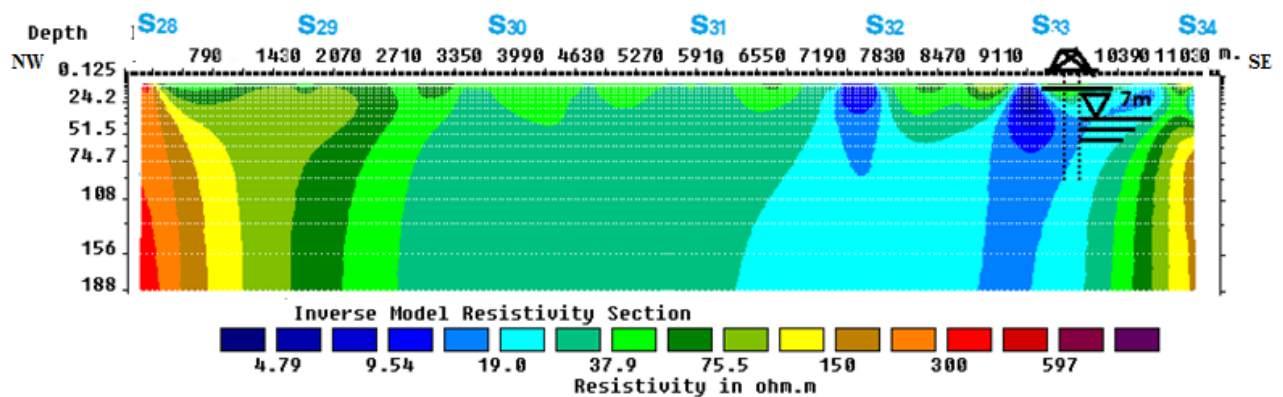
مطابق شکل (۴-۸) که نتیجه مدل سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۴ با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D می باشد. می توان گفت: مقدار مقاومت ویژه در محل سونداژ S21 زیاد شده و در محدوده سونداژ S27 کمترین مقدار خود را دارد؛ که با نتایج مدل سازی شکل (۴-۷) حاصل از نرم افزار RES2DINV هم خوانی دارد.



شکل ۴-۸: مقطع حاصل از مدل سازی وارون مقاومت ویژه پروفیل ۴ با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D

۴-۷- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل ۵

پروفیل ۵ با طول حدود ۱۱/۱ کیلومتر در راستای شمال غربی - جنوب شرقی با تعداد ۷ سونداژ به موازات پروفیل های قبلی، در قسمت مرکزی منطقه واقع است. شکل (۴-۹) نتیجه مدل سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۵، با استفاده از نرم افزار RES2DINV است و شکل (۴-۱۰) نتیجه مدل سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۵، با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D می باشد. در این قسمت می توان از نتایج تفسیر یک بعدی در فصل ۳ و مطالب مربوط

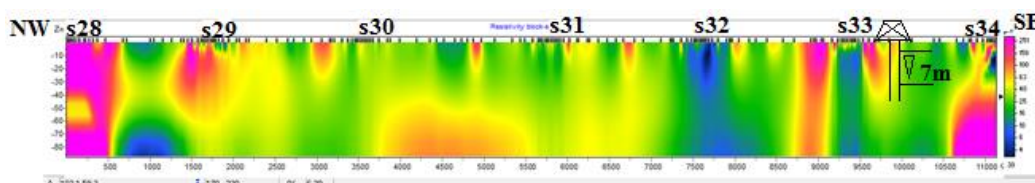


شکل ۴-۹: مقطع حاصل از مدل سازی وارون مقاومت ویژه پروفیل ۵ با استفاده از نرم افزار RES2DINV

به زمین‌شناسی در فصل ۲ نیز برای تفسیر بهتر کمک گرفت. ضمن آنکه واقع شدن چاه قلعه بلوچ با سطح آب ۷ متر در فاصله ۳۸۰ متری سونداژ S33 می‌تواند در تفسیر بهتر این پروفیل مؤثر باشد.

همان طور که در شکل (۴-۹) دیده می‌شود، مقاومت‌ها در محدوده سونداژ S28 تغییرات شدیدی دارد. همچنین در محدوده سونداژ S34 در راستای قائم با افزایش عمق مقاومت‌ویژه افزایش می‌یابد. بطور کلی مقاومت‌ویژه لایه‌ها در محل S28 و S34 نسبت به سایر نقاط در طول پروفیل بیشتر است؛ اما در بقیه نقاط مقاومت‌ها در راستای قائم از بالا به پایین افزایش می‌یابند. همچنین به جزء دو محدوده سونداژ S28 و S34 هرچه در جهت شمال غربی به سمت جنوب شرقی منطقه پیش می‌رویم، از مقدار مقاومت‌ها کاسته می‌شود؛ که نتایج تفسیرهای یک‌بعدی نیز آن را تایید می‌کند. علت این تغییرات در مقدار مقاومت‌ها، در نوع دانه‌بندی رسوبات و مقدار خشک‌بودن یا مرطوب بودن این رسوبات است (گزارش زمین‌شناسی شرکت سازند آب پارس).

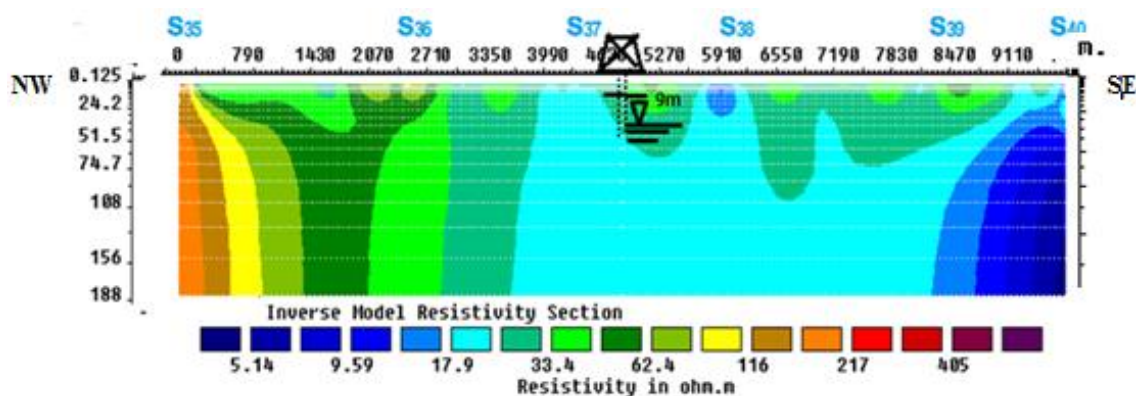
شکل (۴-۱۰) نتیجه مدل‌سازی دو بعدی داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۵ با استفاده از نرم‌افزار ZONDRES2D می‌باشد. آنچه در این شکل به‌وضوح دیده می‌شود، آن است؛ که در محل S28 و S34 مقاومت‌ها نسبت به سایر نقاط در طول پروفیل بالاست. و این نتایج با نتایج دوبعدی حاصل از نرم‌افزار RES2DINV هم، مطابقت دارد.



شکل ۴-۱۰: مقطع حاصل از مدل‌سازی وارون مقاومت‌ویژه پروفیل ۵ با استفاده از نرم‌افزار ZONDRES2D

۴-۸- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل ۶

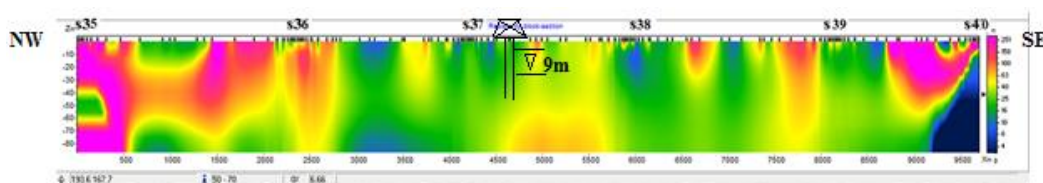
پروفیل ۶ با طول حدود ۹/۷ کیلومتر در راستای شمال غربی - جنوب شرقی با تعداد ۶ سونداژ به موازات پروفیل‌های قبلی، در قسمت مرکزی منطقه واقع است. شکل (۴-۱۱) نتیجه مدل‌سازی دو بعدی داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۶ با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV و شکل (۴-۱۲) نتیجه مدل‌سازی دوبعدی داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۶ با استفاده از نرم‌افزار ZONDRES2D می‌باشد، همچنین می‌توان از نتایج تفسیر یک‌بعدی در فصل ۳ و مطالب مربوط به زمین‌شناسی در فصل ۲ نیز برای تفسیر بهتر کمک گرفت. همچنین چاه کلامو با سطح آب ۹ متر در فاصله ۷۷۰ متری از سونداژ S37 واقع شده است که می‌تواند در تفسیر این پروفیل به ما کمک نماید.



شکل ۴-۱۱: مقطع حاصل از مدل‌سازی وارون مقاومت‌ویژه روی پروفیل ۶ با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV

همان‌طور که در شکل (۴-۱۱) دیده می‌شود، مقاومت‌ها در محدوده سونداژ S35 تغییرات شدیدی دارند و مقدارشان در راستای قائم با افزایش عمق در حال افزایش است. نتایج تفسیرهای یک‌بعدی نیز آن را تایید می‌کند. اما در مابقی نقاط روی پروفیل، مقاومت‌ها در راستای قائم با افزایش عمق در حال کاهش است. همچنین با افزایش فاصله از شروع پروفیل به سمت جنوب شرق از مقدار مقاومت ویژه رسوبات کاسته می‌شود. علت این تغییرات در این است؛ که در ابتدای پروفیل مقاومت بیشتر به خاطر درصد شن و ماسه بیشتر است؛ اما در راستای پروفیل به سمت جنوب شرق رسوبات ریزدانه تر و در قسمت‌های تحتانی مرطوب و آبدار می‌شوند (گزارش زمین‌شناسی شرکت سازند آب پارس).

در شکل (۴-۱۲) نتیجه مدل سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۶ با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D نشان داده شده است. آنچه در این شکل به وضوح دیده می شود، آن است؛ که در محل سونداژ S35 مقاومت ها نسبت به سایر نقاط در طول پروفیل بالاست و مقاومت ویژه در محل سونداژ S40 کمترین مقدار را دارد. که این نتایج با نتایج دوبعدی حاصل از نرم افزار RES2DINV در شکل (۴-۱۱) مطابقت دارد.



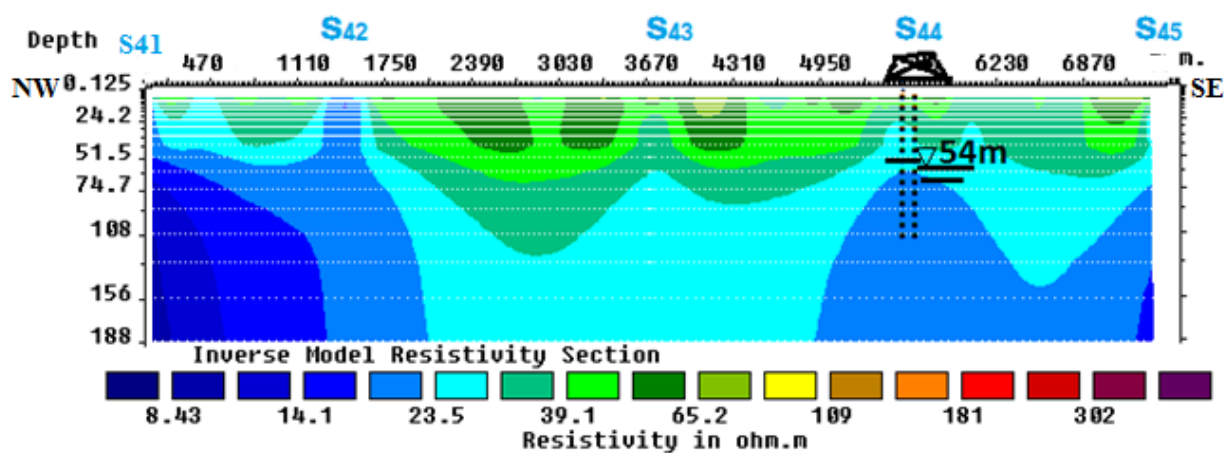
شکل ۴-۱۲: مقطع حاصل از مدل سازی وارون مقاومت ویژه پروفیل ۶ با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D

۴-۹- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل ۷

پروفیل ۷ با طول حدود ۷/۳ کیلومتر در راستای شمال غربی - جنوب شرقی با تعداد ۵ سونداژ به موازات پروفیل های قبلی، تقریباً در نیمه شمالی منطقه واقع است. نتیجه مدل سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۷ با استفاده از نرم افزار RES2DINV در شکل (۴-۱۳) نشان داده شده است. شکل (۴-۱۴) هم نتیجه مدل سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۷ با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D را نشان می دهد. همچنین جهت تفسیر بهتر از نتایج تفسیر یک بعدی در فصل ۳ و مطالب مربوط به زمین شناسی منطقه در فصل ۲ می توان استفاده نمود. چاه شریف آباد در فاصله ۱۱۶۰ متری سونداژ S44 با سطح آب ۵۴ متر قرار گرفته است که می توان در تفسیر بهتر از آن بهره جست.

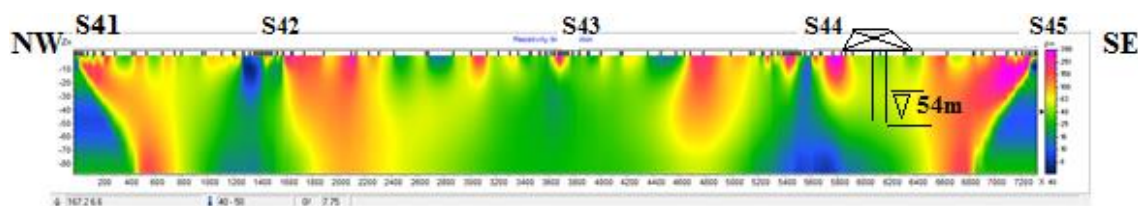
با توجه به شکل (۴-۱۳) می توان گفت: مقاومت ویژه در طول پروفیل در راستای قائم با افزایش عمق در حال کاهش است. به طور کلی در طول پروفیل مقدار مقاومت های ویژه کم بوده و این مقدار در ابتدا و

انتهای پروفیل کاهش بیشتری نسبت به سایر نقاط دارد. طبق گزارش زمین‌شناسی شرکت سازند آب پارس با توجه به گمانه‌های شماره ۲۸۷ با عمق ۲۵۰ متر، ۳۲۸ با عمق ۱۳۰ متر و ۳۳۸ با عمق ۱۸۰ متر می‌توان گفت: خاک و نهشته‌های سطحی با دانه‌بندی درشت تا متوسط، مرطوب است که ضخامت آنها در ابتدا و انتهای پروفیل کمتر شده و به رسوبات ریزدانه تبدیل می‌شود؛ که با نتایج به‌دست آمده از نرم افزار RES2DINV مطابقت دارد.



شکل ۴-۱۳: مقطع حاصل از مدل‌سازی وارون مقاومت‌ویژه پروفیل ۷ با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV

شکل (۴-۱۴) نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل ۷ را با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D نشان می‌دهد. در ابتدا و انتهای پروفیل مقاومت‌های ویژه کاهش دارند.



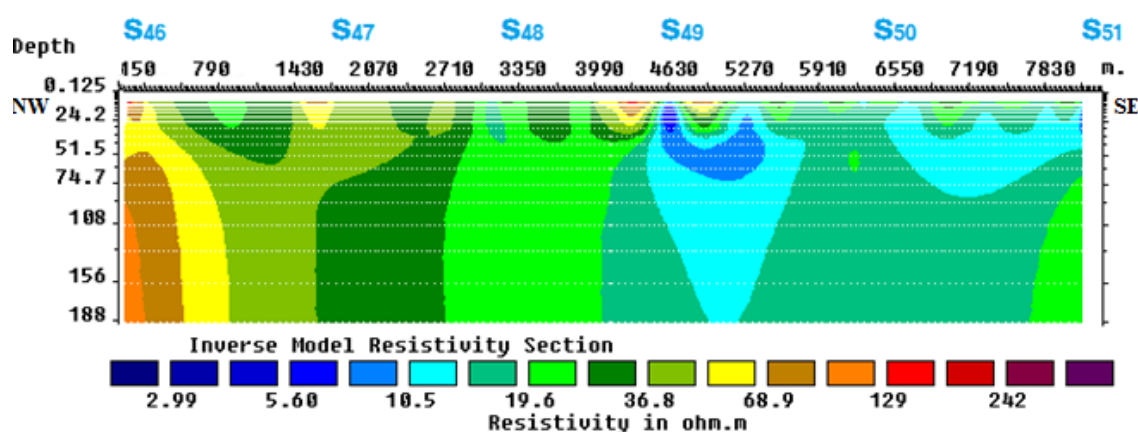
شکل ۴-۱۴: مقطع حاصل از مدل‌سازی وارون مقاومت‌ویژه پروفیل ۷ با استفاده از نرم‌افزار ZONDRES2D

همچنین می‌توان گفت؛ که مقاومت‌ویژه در طول پروفیل در راستای قائم با افزایش عمق کاهش می‌یابد. و این نتیجه با نتایج قبلی که از نرم‌افزار RES2DINV به‌دست آمده، مطابقت دارد.

۴-۱۰- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل ۸

پروفیل ۸ با طول حدود ۸/۲ کیلومتر در راستای شمال غربی-جنوب شرقی با تعداد ۶ سونداژ به موازات پروفیل های قبلی، تقریباً در نیمه شمالی منطقه واقع است. شکل (۴-۱۵) نتیجه مدل سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۸ با استفاده از نرم افزار RES2DINV است. شکل (۴-۱۶) نتیجه مدل سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای این پروفیل با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D می باشد. برای تفسیر بهتر می توان از نتایج تفسیر یک بعدی در فصل ۳ و مطالب مربوط به زمین شناسی منطقه در فصل ۲ کمک گرفت.

شکل (۴-۱۵) نتیجه مدل سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی با نرم افزار RES2DINV را نشان می دهد. مقدار مقاومت ویژه در قسمت سونداژ S46 بسیار بیشتر از سایر نقاط دیگر این پروفیل است. همچنین مقدار مقاومت ویژه لایه ها در فاصله سونداژهای S46 تا S51 کمتر از مقدار این مقاومت ویژه بین سونداژهای S46 تا S51 می باشد. علت مقاومت بالا در نیمه اول پروفیل (S46)

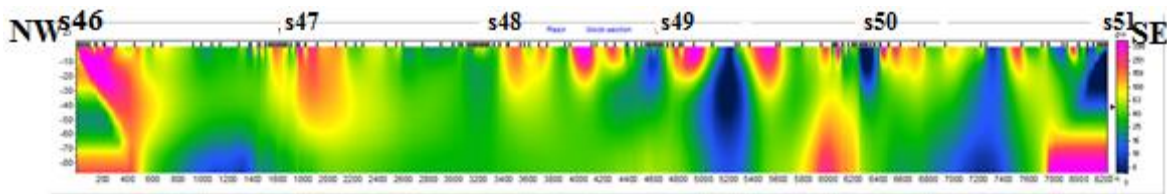


شکل ۴-۱۵: مقطع حاصل از مدل سازی وارون مقاومت ویژه پروفیل ۸ با استفاده از نرم افزار RES2DINV

تا S49) به خاطر رسوبات دانه متوسط و خشک منطقه است، و مقاومت ویژه پایین در نیمه دوم پروفیل (S49 تا S51) به خاطر وجود سنگ های آتشفشانی آندزیتی در این ناحیه از پروفیل است (بر اساس

گزارش شرکت سازند آب پارس).

شکل (۴-۱۶) نتیجه مدل سازی داده های مقاومت ویژه الکتریکی با نرم افزار ZONDRES2D را نشان می دهد. مقاومت ویژه در محل سونداژ S46 بالاست. مقاومت های الکتریکی پایین در نیمه دوم پروفیل واقع شده اند. که با نتایج حاصل از مدل سازی با نرم افزار RES2DINV مطابقت دارد.



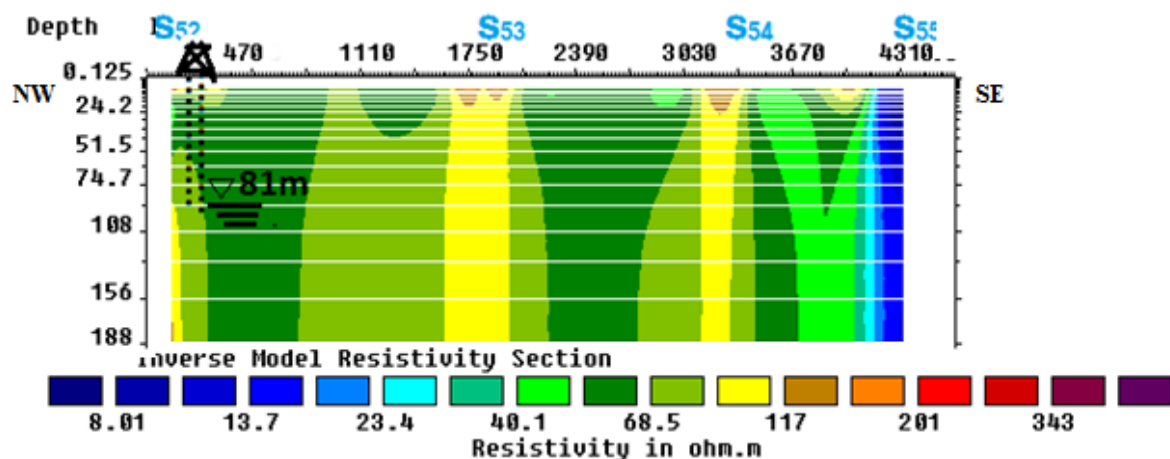
شکل ۴-۱۶: مقطع حاصل از مدل سازی وارون مقاومت ویژه پروفیل ۸ با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D

۴-۱۱- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل ۹

پروفیل ۹ با طول حدود ۴/۲ کیلومتر در راستای شمال غربی-جنوب شرقی با تعداد ۴ سونداژ به موازات پروفیل های قبلی، تقریباً در نیمه شمالی منطقه واقع است. شکل (۴-۱۷) نتیجه مدل سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۹ با استفاده از نرم افزار RES2DINV است. شکل (۴-۱۸) نتیجه مدل سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای این پروفیل با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D می باشد. برای تفسیر بهتر می توان از نتایج تفسیر یک بعدی در فصل ۳ و مطالب مربوط به زمین شناسی منطقه در فصل ۲ کمک گرفت. ضمن آنکه واقع شدن چاه ابر گیاهی با سطح آب ۸۱ متر، در فاصله ۸۱۰ متری سونداژ S52 می تواند در تفسیر بهتر این پروفیل مؤثر باشد.

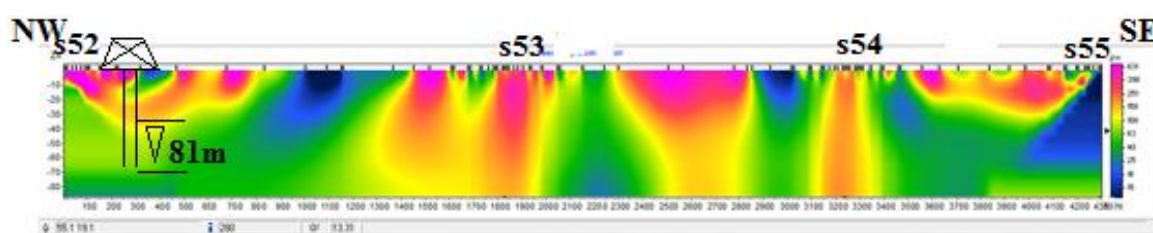
شکل (۴-۱۷) حاصل نتیجه مدل سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی را با نرم افزار RES2DINV نشان می دهد. مقدار مقاومت ویژه به جز در نقاط سطحی بصورت پراکنده در قسمت های دیگر مقاومت ها پایین است، همچنین مقدار این مقاومت در انتهای پروفیل در محل سونداژ S55 نسبت به سایر نقاط کمتر است؛ که می توان علت آن را در تنوع دانه بندی رسوبات در قسمت های سطحی و

آبرفت‌های متوسط تا درشت‌دانه آبدار منطقه دانست (گزارش زمین‌شناسی شرکت سازند آب پارس).



شکل ۴-۱۷: مقطع حاصل از مدل‌سازی وارون مقاومت‌ویژه پروفیل ۹ با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV

شکل (۴-۱۸) نتیجه مدل‌سازی داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی با نرم‌افزار ZONDRES2D می‌باشد. این شکل نشان می‌دهد؛ که همانند نتایج نرم‌افزار RES2DINV مقاومت‌ویژه بالا در لایه‌های سطحی بصورت پراکنده وجود دارد. در انتهای پروفیل نیز در محل سونداژ S55 کاهش مقاومت‌ویژه را داریم.



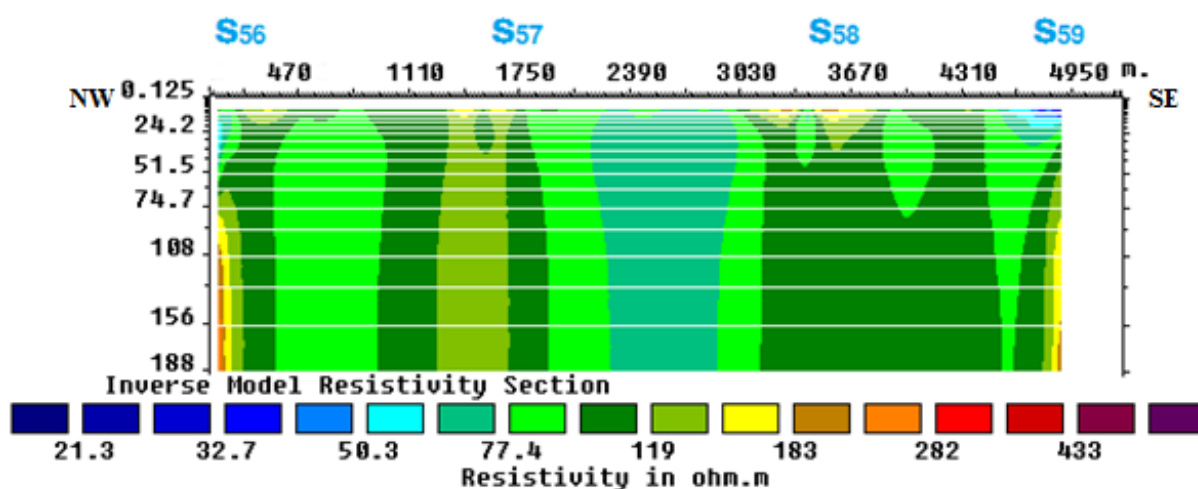
شکل ۴-۱۸: مقطع حاصل از مدل‌سازی وارون مقاومت‌ویژه پروفیل ۹ با استفاده از نرم‌افزار ZONDRES2D

۴-۱۲- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل ۱۰

پروفیل ۱۰ با طول حدود ۴/۸ کیلومتر در راستای شمال غربی - جنوب شرقی با تعداد ۴ سونداژ به موازات پروفیل‌های قبلی، در نیمه شمالی منطقه واقع است، شکل (۴-۱۹) نتیجه مدل‌سازی دوبعدی داده‌های

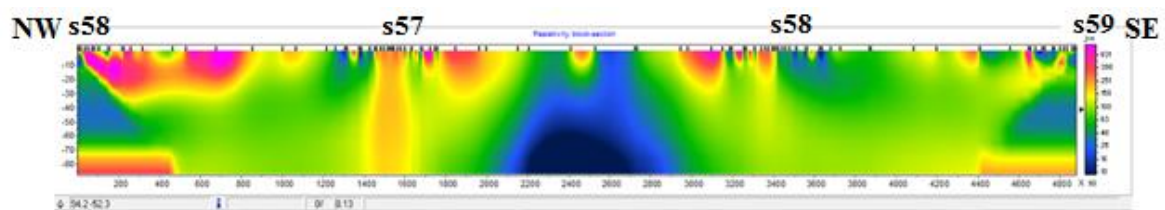
مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل ۹ با استفاده از نرم افزار RES2DINV است. شکل (۴-۲۰) نتیجه مدل سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای این پروفیل با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D می باشد، برای تفسیر بهتر می توان از نتایج تفسیر یک بعدی در فصل ۳ و مطالب مربوط به زمین شناسی منطقه در فصل ۲ کمک گرفت.

شکل (۴-۱۹) حاصل نتیجه مدل سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی با نرم افزار RES2DINV را نشان می دهد. مقدار مقاومت ویژه در اکثر این مناطق از بالا به پایین در حال افزایش می باشد. در محدوده بین S57 تا S58 مقاومت ویژه کاهش می یابد که با نتایج حاصل از تفسیر یک بعدی داده ها مطابقت دارد؛ که می توان علت این تغییرات را در تنوع دانه بندی رسوبات در قسمت های مختلف در طول پروفیل دانست (گزارش زمین شناسی شرکت سازند آب پارس).



شکل ۴-۱۹: مقطع حاصل از مدل سازی وارون مقاومت ویژه پروفیل ۱۰ با استفاده از نرم افزار RES2DINV

شکل (۴-۲۰) که نتیجه مدل سازی داده های مقاومت ویژه الکتریکی با نرم افزار ZONDRES2D می باشد، نشان می دهد؛ که همانند نتایج نرم افزار RES2DINV در محدوده بین S57 تا S58 مقاومت کاهش می یابد.



شکل ۴-۲۰: مقطع حاصل از مدل سازی وارون مقاومت ویژه پروفیل ۱۰ با استفاده از نرم افزار ZONDRES2D

فصل پنجم:

تعیین ارتباط بین تغییرات

هیدروشیمیایی به دست

آمده از چاه‌های آب و نتایج

تفسیر داده‌های مقاومت ویژه

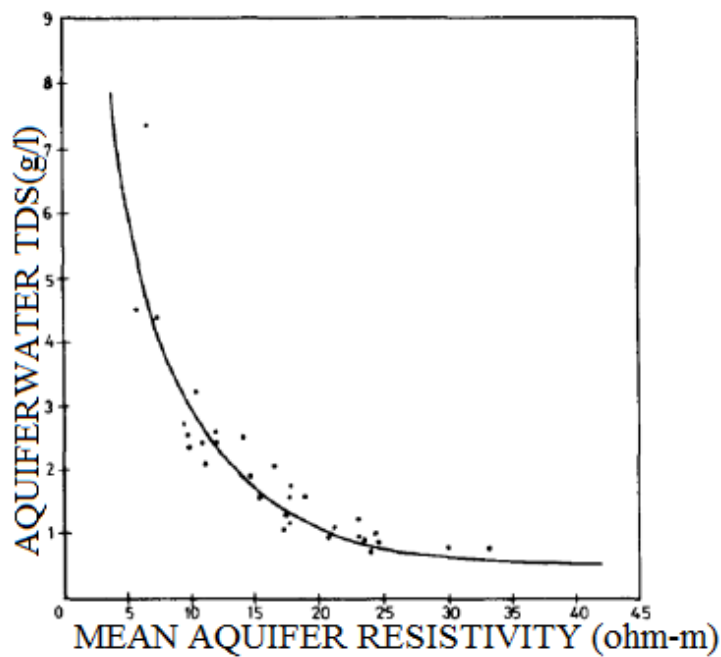
عامل اصلی هدایت الکتریکی و کاهش مقاومت ویژه مواد زیر سطح زمین، حرکت یون‌های آب موجود در سنگ‌ها و خاک‌ها می‌باشد. کمیت‌های هیدروشیمیایی برای آب‌های زیرزمینی شامل هدایت الکتریکی (EC)، کل مواد جامد محلول (TDC) و غلظت یون‌ها در آب زیرزمینی است. در این میان می‌توان با تعیین همبستگی بین چند متغیر مرتبط، متغیرهای دیگر را پیش‌بینی نمود. برای این کار می‌توان از رگرسیون خطی استفاده نمود. در این پژوهش نیز برای تعیین ارتباط بین تغییرات هیدروشیمیایی و مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی و تفسیر سونداژهای الکتریکی آب زیرزمینی از روش رگرسیون خطی استفاده شده است. در این زمینه تحقیقاتی از قبل انجام شده است؛ که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. در سال ۱۹۸۷ یوان گو^۱ یک رابطه همبستگی بین مقاومت ویژه به دست آمده برای آبخوان و TDS حاصل از آنالیز شیمیایی ۳۲ چاه آب در منطقه کراچی پاکستان برقرار نمود. مطابق شکل (۵-۱) منحنی را بر داده‌ها با ضریب همبستگی ۰/۹۳۶ برازش داد، و به رابطه (۵-۱) رسید.

$$TDS = \frac{45.3}{R^{1.2}} \quad (۵-۱)$$

در سال ۱۹۹۷ عبدالعظیم ابراهیم^۱ و همکارانش توانستند؛ رابطه‌ای بین مقاومت ویژه آبخوان و TDS

^۱ Yao An Guo

^۱ Abdel-Azim M.Ebraheem

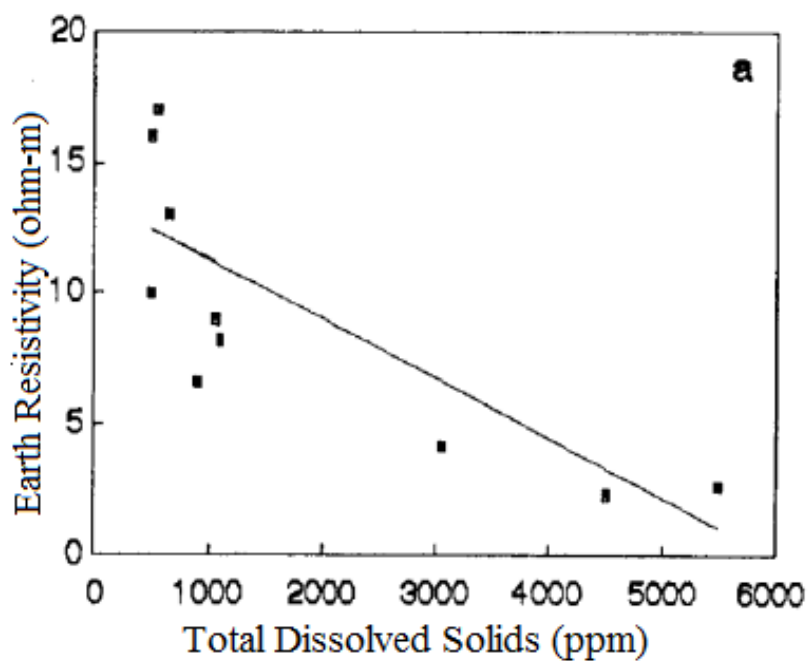


شکل ۵-۱: رابطه همبستگی بین مقاومت ویژه و TDS در منطقه کراچی پاکستان [Yao An Guo,1987]

برای آب زیرزمینی در منطقه دلتای رود نیل در کشور مصر ایجاد نمایند (شکل ۵-۲).

رابطه (۵-۲) و شکل (۵-۲) نتیجه این تحقیق را نشان می‌دهند.

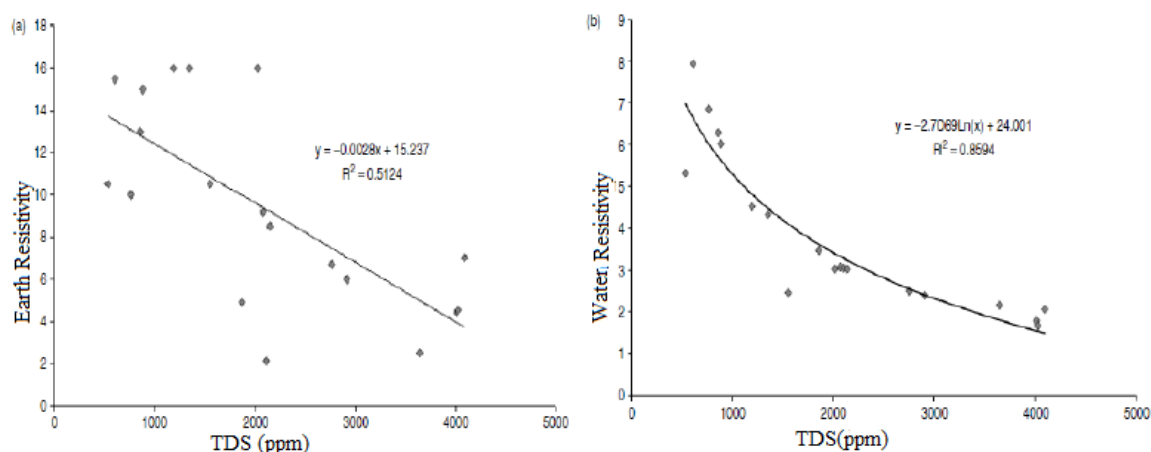
$$\rho_e = -0.0023TDS + 13.1 \quad (5-2)$$



شکل ۵-۲: رابطه همبستگی بین مقاومت ویژه و TDS در دلتای رود نیل [Abdel-Azim M.Ebraheem,1997]

همچنین در سال ۲۰۰۶ اصفهانی در دره خاناسر^۱ در شمال سوریه بین داده‌های مقاومت ویژه اندازه‌گیری شده و مقادیر TDS یک رابطه همبستگی برقرار کرد.

مطابق شکل (۳-۵) رابطه بین TDS و مقاومت ویژه لایه آبدار در نمودار سمت چپ و رابطه بین TDS و مقاومت ویژه آب زیرزمینی در نمودار سمت راست نشان داده شده است. نمودار سمت چپ ضریب همبستگی پایینی دارد؛ ولی نمودار سمت راست ضریب همبستگی بالایی دارد. انطباق خوبی بین منحنی لگاریتمی در نمودار سمت راستی با نقاط وجود دارد؛ که مؤید همان ضریب همبستگی بالا می‌باشد.



شکل ۳-۵: رابطه همبستگی بین TDS و مقاومت ویژه برای لایه آبدار (نمودار سمت چپ)، و رابطه همبستگی بین TDS و مقاومت ویژه برای آب زیرزمینی (نمودار سمت راست) [Asfahani, 2007]

در ایران نیز در این زمینه کارهایی انجام شده است؛ که از آن جمله می‌توان به ایجاد رابطه همبستگی بین داده‌های TDS و EC اشاره نمود. این تحقیقات توسط محبی (۱۳۸۸) و شاهزیدی (۱۳۸۹) انجام شد. در این مطالعات ابتدا مقاومت ویژه با استفاده از نتایج سونداژهای الکتریکی محاسبه شده و سپس با روش آماری رگرسیون، میزان همبستگی بینشان تعیین گردیده است.

^۱ Khanasar

۵-۲- روش آماری رگرسیون

روش رگرسیون یک روش تجزیه و تحلیل آماری است؛ که برای تعیین رابطه همبستگی بین دو یا چند متغیر استفاده می‌شود.

معادله خط رگرسیون با یک متغیر مستقل به صورت زیر می‌باشد:

$$Y = a + bX \quad (۳-۵)$$

در این رابطه b شیب خط رگرسیون است و میزان تغییرات Y را به ازای یک واحد تغییر در X نشان می‌دهد. a عرض از مبدأ حاصل از برخورد خط رگرسیون با محور Y می‌باشد. این دو پارامتر توسط روابط زیر تعیین می‌شوند:

$$b = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N\sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (۴-۵)$$

$$a = \frac{(\sum Y - b(\sum X))}{N} \quad (۵-۵)$$

در روابط بالا X و Y دو متغیر، N تعداد متغیرها یا المان‌ها، $\sum XY$ مجموع حاصل ضرب دو متغیر، $\sum X$ جمع مقادیر متغیر اول، $\sum Y$ جمع مقادیر متغیر دوم و $\sum X^2$ جمع مربعات مقادیر متغیر اول می‌باشند. مقدار ضریب همبستگی یا تطابق بین دو متغیر X و Y از طریق رابطه زیر بدست می‌آید.

$$R = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (۶-۵)$$

هر چه مقدار این ضریب بیشتر باشد، نشان‌دهنده آن است که دو متغیر X و Y دارای روند تغییرات مشابه‌تری نسبت به یکدیگر دارند.

۵-۳- اهمیت خواص شیمیایی داده‌ها و ارتباط آن با مقاومت‌ویژه

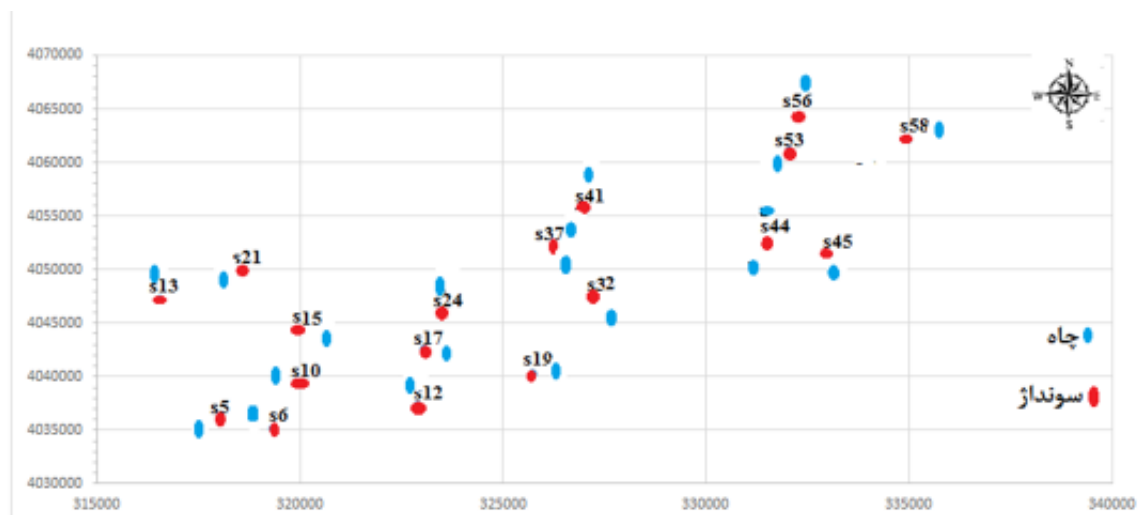
الکتریکی

مقاومت ویژه لایه‌های زمین می‌تواند به خواص فیزیکی (مانند تخلخل، نفوذپذیری، اشباع شدگی، مقدار رس و...) و خواص شیمیایی مانند یون‌های موجود و شوری ارتباط داشته باشد. در این تحقیق که به ارتباط بین داده‌های هیدروشیمی با مقاومت ویژه پرداخته می‌شود، لازم است به مطالعات انجام شده روی داده‌های هیدروشیمی چاه‌ها در اطراف سونداژهایی که لایه‌های آبدار آنها تشخیص داده شده است؛ توجه شود و رابطه همبستگی بین مقاومت ویژه لایه آبدار و داده‌های هیدروشیمی (EC, TDS و آنیون-ها) حاصل از آنالیز کیفی آب زیرزمینی ایجاد گردد که در ادامه به بررسی این روابط پرداخته می‌شود.

۵-۴- تعیین ارتباط بین پارامترهای هیدروشیمیایی چاه‌های آب و نتایج

تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ الکتریکی

تعداد ۲۰ حلقه چاه آب با دبی بیشتر از ۲ لیتر بر ثانیه که داده‌های هیدروشیمیایی آنها موجود است، در نزدیکی سونداژهای الکتریکی وجود دارند. موقعیت این چاه‌ها نسبت به سونداژهای الکتریکی در شکل (۵-۴) نشان داده شده است.



شکل ۵-۴: موقعیت چاه‌ها و سونداژها نسبت به یکدیگر

در جدول (۵-۱) برخی از اطلاعات چاه‌ها و سونداژهای مجاور آنها، همچنین فاصله تقریبی آنها نشان

داده شده است.

جدول ۵-۱: اطلاعات هیدروشیمی چاه‌ها و سونداژهای مجاور آنها و فاصله تقریبی آنها نسبت به یکدیگر [گزارش سازمان آب

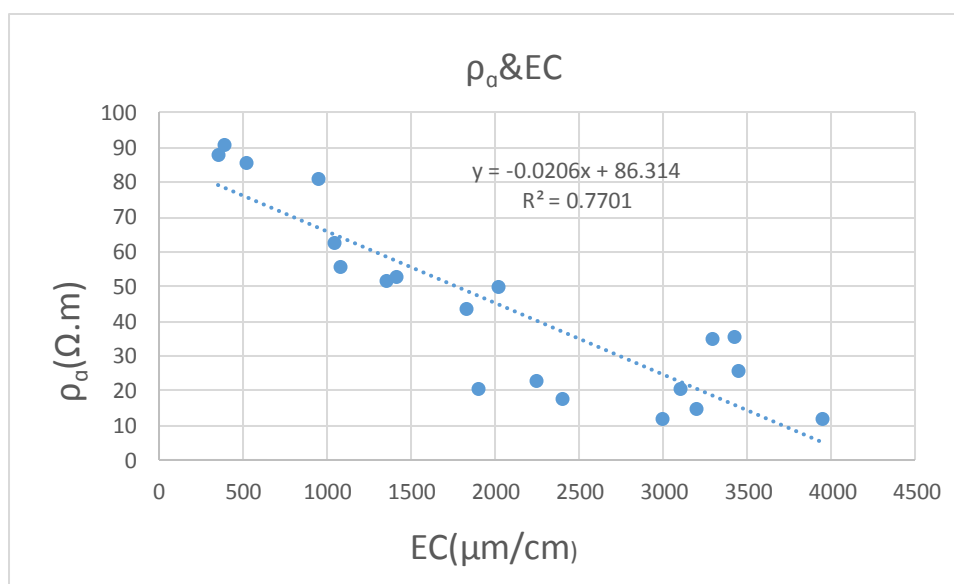
منطقه‌ای سمنان، ۱۳۸۸]

اطلاعات مربوط به چاه				اطلاعات حاصل از تفسیر سونداژهای مجاور		فاصله چاه
نام چاه	TDS(mg/lit)	EC(μ s/ cm)	Anion(meq/lit)	نام سونداژ	pH(Ω)	فاصله(m)
جلالی - عامری	340	530	6.2	S5	86	2850
اسحاق محمدی	1170	1830	18.8	S13	44	1094
رمضان سلمانی	2110	3300	35.2	S21	35	1564
شهید فکوری	690	1080	11.4	S15	56	1874
جنگلبانی نهالستان	2100	3000	32	S6	12	1256
محمد کریمی	500	950	8.3	S10	81	413
قلعه قربانعلی بیک ۱	1300	2028	19.45	S44	50	1240
معزی دولت اباد	1900	2400	33.1	S17	18	896
قره جنگل شاه حسینی	915	1420	15.2	S24	53	534
خلیل رضوانی	865	1355	14.75	S12	52	1716
آب وفاضلاب روستایی (شرب قلعه محمدآقا)	1900	1900	33.2	S41	21	2152
رمضانعلی عابدینی چاه پایی	1800	2250	26.8	S37	23	1203
قلعه حاج یعقوب	2200	3450	36.25	S19	26	1440
شرب قلعه نوخرقان	1850	3100	29.5	S41	21	746
شرب قهیچ سفلی	1800	3200	33.5	S32	15	1395
ابرسلیمان غلامی	240	395	4.5	S53	91	1081
شرکت امام رضا	2180	3950	33	S44	12	1247
شعبان بارت کوهی	2180	3420	35.2	S45	36	966
سیدتقی حسینی	230	355	3.6	S56	88	1907
گورخان علی اصغر عرب	570	1050	12.3	S58	63	1569

۵-۴-۱ تعیین ارتباط بین نتایج تفسیر یک بعدی داده‌های سونداژ الکتریکی و هدایت الکتریکی (EC)

هدایت الکتریکی (EC) می‌تواند یک تخمین کاملاً "دقیقی از غلظت یونی و یا کل مواد جامد حل شده باشد. غلظت زیاد یون‌ها که در آب زیرزمینی باعث کاهش مقاومت ویژه می‌شوند، می‌تواند به خاطر بالا بودن EC آب باشد [Mooney, 1980].

با داشتن داده‌های مقاومت ویژه لایه آبدار سونداژهای نزدیک به چاه‌ها و همچنین مقادیر EC مربوط به این چاه‌ها می‌توان با کمک نرم‌افزار Excel رابطه خطی بین آنها ایجاد نمود. این رابطه خطی با روش آماری رگرسیون در شکل زیر، نشان داده شده است (شکل ۵-۵).



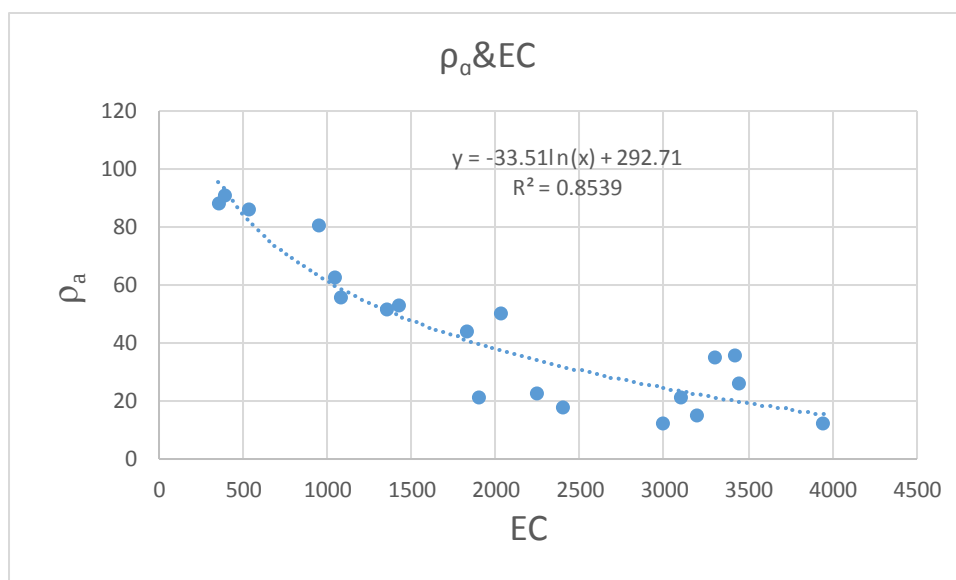
شکل ۵-۵: رابطه همبستگی خطی بین مقادیر ρ_a و EC به کمک نرم‌افزار Excel

همان‌طور که در شکل (۵-۵) دیده می‌شود، ضریب همبستگی، 0.7701 است؛ که می‌توان گفت: تاحدودی، همبستگی خوبی بین مقادیر ρ_a و EC وجود دارد. این رابطه گویای این مطلب است که با

افزایش مقاومت ویژه لایه آبدار هدایت الکتریکی کاهش می‌یابد. رابطه (۷-۵) این موضوع را نشان می‌دهد.

$$\rho_a = -0.0206EC + 86.314 \quad (7-5)$$

با دقت در شکل (۵-۶) می‌توان گفت: که اگر به جای خط راست از یک منحنی برای برازش بین نقاط استفاده شود؛ می‌توان انطباق بهتری را نشان داد. بنابراین در این جا از منحنی لگاریتمی برای انطباق بهتر استفاده شده است؛ که در شکل (۵-۶) نشان داده شده است.



شکل ۵-۶: رابطه همبستگی لگاریتمی بین مقادیر ρ_a و EC به کمک نرم‌افزار Excel

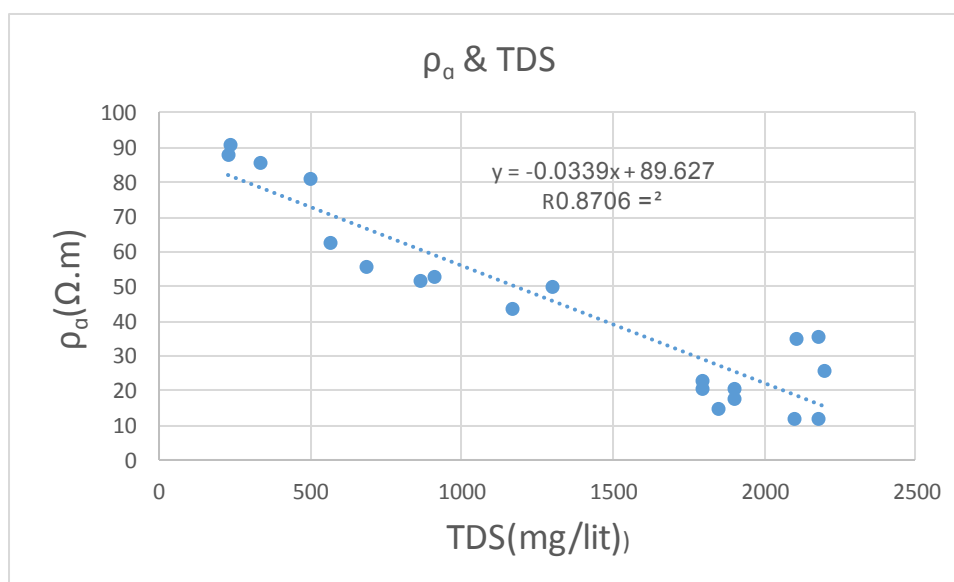
با توجه به شکل فوق منحنی لگاریتمی توانسته است، برازش بیشتری بین نقاط ایجاد کند و ضریب همبستگی را به مقدار ۰/۸۵۳۹ برساند (شکل ۵-۶). معادله لگاریتمی این منحنی نشان می‌دهد؛ که

مقاومت ویژه لایه آبدار با افزایش EC، کاهش می‌یابد. شیب زیاد منحنی نیز در قسمت‌هایی که هدایت الکتریکی کم است، تأثیر پذیری زیاد مقاومت ویژه الکتریکی را از هدایت الکتریکی نشان می‌دهد. این

تأثیر پذیری در قسمت‌هایی که شیب منحنی کاهش می‌یابد، کم می‌شود. رابطه لگاریتمی و ضریب همبستگی بین مقادیر EC و مقاومت ویژه لایه آبدار (ρ_a) در شکل (۵-۶) نشان داده شده است.

۵-۴-۲- تعیین ارتباط بین مقادیر مقاومت ویژه به دست آمده برای لایه آبدار و TDS اندازه‌گیری شده

مطابق شکل (۵-۷) رابطه رگرسیون خطی ساده‌ای بین مقادیر TDS (کل مواد جامد محلول) چاه‌های مجاور سونداژها و همچنین مقادیر ρ_a (مقاومت ویژه لایه آبدار در محل سونداژ الکتریکی) برقرار شده است. ضریب همبستگی 0.8706 بین این دو مقدار، ارتباط خوب بین این دو کمیت را نشان می‌دهد. آن‌چه که در نمودار شکل (۵-۷) مشاهده می‌شود؛ به این نکته اشاره دارد؛ که مقادیر TDS و مقاومت ویژه رابطه معکوس با یکدیگر دارند (یعنی افزایش TDS با کاهش مقاومت ویژه لایه آبدار همراه است و برعکس).

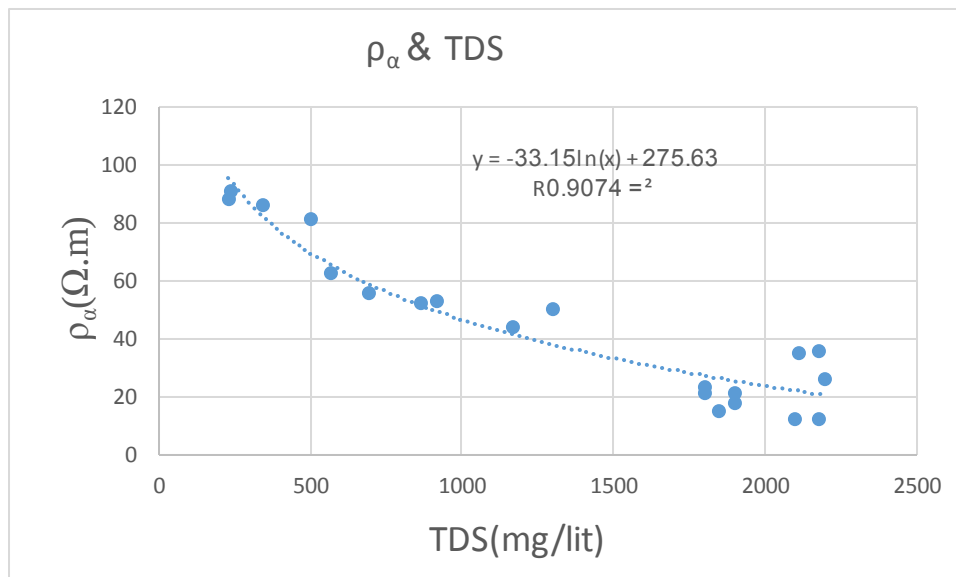


شکل ۵-۷: رابطه همبستگی خطی بین مقادیر ρ_a و TDS به کمک نرم‌افزار Excel

همانند آن‌چه که در خصوص تغییرات EC در قسمت ۵-۴-۱ گفته شد، اگر به جای خط راست از یک منحنی استفاده شود، برازش بهتری می‌توان روی نقاط ایجاد کرد.

منحنی لگاریتمی شکل (۵-۸) ضریب همبستگی بالاتری را نسبت به نمودار خطی در شکل (۵-۷) بین مقادیر TDS و مقاومت ویژه ایجاد کرده است. ضریب همبستگی ۰/۹۰۷۴ مؤید این موضوع می باشد. آنچه در این شکل مشاهده می شود، آن است؛ که کاهش TDS با افزایش مقاومت ویژه همراه است و برعکس.

در جاهایی که شیب منحنی زیادتر می شود، کاهش TDS حاکی از تأثیرپذیری زیاد مقاومت ویژه از تغییرات TDS است و جاهایی که شیب منحنی کم می شود، این تأثیرپذیری نیز کمتر می شود.



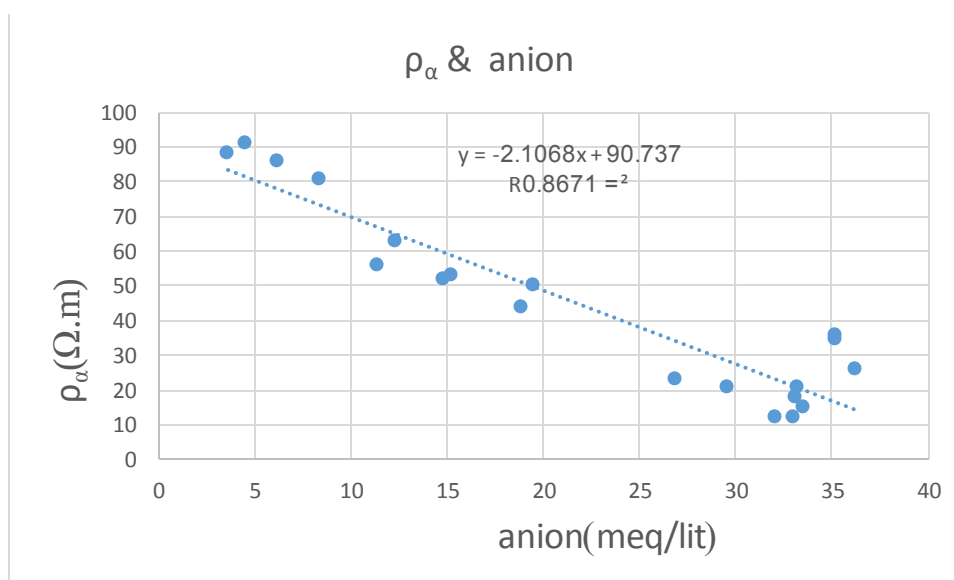
شکل ۵-۸: رابطه همبستگی لگاریتمی بین مقادیر ρ_a و TDS به کمک نرم افزار Excel

۵-۴-۳- تعیین ارتباط بین مقادیر مقاومت ویژه لایه آبدار و غلظت اندازه گیری - شده آنیون های چاه های آب

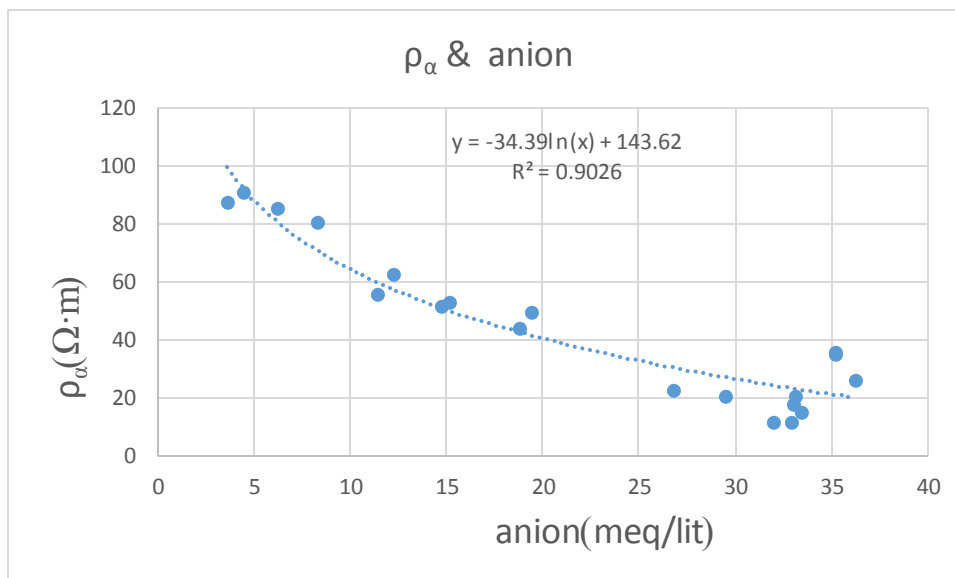
برای آنکه به ارتباط بین مقاومت ویژه لایه آبدار و غلظت یون های موجود در آب چاه ها پی برده شود، لازم است؛ که غلظت آنیون ها را به عنوان نمونه مورد بررسی قرار داد. این آنیون ها، سولفات (SO_4) ها،

کلرید (Cl) ها و بی کربنات (HCO_3) ها را شامل می شود. همان طور که در شکل های (۵-۹) (نمودار خطی) و (۵-۱۰) (نمودار لگاریتمی) مشاهده می شود؛ مقدار غلظت آنیون ها با مقدار مقاومت ویژه رابطه عکس دارد و افزایش یکی همراه با کاهش دیگری است. بالا بودن ضرایب همبستگی در نمودار خطی (شکل ۵-۹) و نمودار لگاریتمی (شکل ۵-۱۰) نشان دهنده ارتباط خوب بین این دو کمیت (مقاومت ویژه و غلظت آنیون ها) می باشد. مقدار این ضرایب در نمودار خطی و نمودار لگاریتمی به ترتیب $0.90/0.86$ می باشد. این نشان دهنده این مطلب است که تغییرات مقاومت ویژه با آنیون ها نسبت به دیگر پارامترها به حالت خطی نزدیکتر است.

رابطه خطی و لگاریتمی و همچنین ضرایب همبستگی بدست آمده بین آنها در شکل های (۵-۹) و (۵-۱۰) نشان رابطه داده شده است.



شکل ۵-۹: رابطه همبستگی خطی بین مقادیر ρ_{α} و غلظت آنیون ها به کمک نرم افزار Excel



شکل ۵-۱۰: رابطه همبستگی لگاریتمی بین مقادیر ρ_{α} و غلظت آنیون‌ها به کمک نرم‌افزار Excel

۵-۵- نتیجه‌گیری

روابط همبستگی که بین مقاومت‌ویژه لایه آبدار و داده‌های هیدروشیمی چاه‌های مجاور آنها در این فصل به دست آمد، نشان داد؛ که ضریب همبستگی خوبی بین پارامترهای هیدروشیمی و مقاومت‌ویژه الکتریکی وجود دارد. عوامل دیگری هم از قبیل تخلخل، نفوذپذیری و اشباع‌شدگی می‌تواند بر مقاومت - ویژه الکتریکی اثرگذار باشد؛ که نیاز به بررسی‌های جامع‌تر و کامل‌تری دارد. بنابراین از بحث در مورد آنها در این فصل صرف‌نظر شده است.

آنچه که نمودارهای خطی و لگاریتمی مقاومت‌ویژه و داده‌های هیدروشیمی نشان می‌دهد، به این موضوع اشاره دارد؛ که نمودارهای لگاریتمی برازش بهتری نسبت به نمودارهای خطی ایجاد می‌کنند. همچنین در مکان‌هایی که شیب منحنی زیاد می‌شود، تأثیر غلظت یون‌ها بر مقدار مقاومت‌ویژه بیشتر است و هنگامی که این شیب کاهش می‌یابد این تأثیر کاهش می‌یابد. به عبارتی در غلظت‌های بالای یون‌ها شیب منحنی کاهش یافته است. بنابراین می‌توان گفت: هر گاه افزایش غلظت یون‌ها از حدی بیشتر شود، تأثیر خیلی کمی بر کاهش مقاومت‌ویژه دارد.

فصل ششم:

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از بررسی‌های انجام شده در این پایان‌نامه را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

۱- در منطقه دشت بسطام در حاشیه جنوبی منطقه بدلیل وجود سازندهای آهکی مقاومت‌ویژه لایه آبدار افزایش می‌یابد و در قسمت‌های مرکزی تا شرقی منطقه بدلیل ریز بودن رسوبات مرکزی و ضخامت لایه آبدار مقاومت‌ها تقریباً یکنواخت هستند؛ که اطلاعات حاصل از منحنی‌های سونداژهای الکتریکی و سطح ایستابی چاه‌های حفر شده در مناطق مختلف، همچنین اطلاعات زمین‌شناسی آن را تأیید می‌نماید.

۲- عمق سطح ایستابی در بخش‌های جنوبی و مرکزی منطقه مورد مطالعه بسیار کم است، به طوری که در این منطقه سطح آب در برخی از مناطق به ۷ متری سطح زمین می‌رسد (چاه قلعه بلوچ در قسمت جنوب شرقی پروفیل ۵۹). در قسمت‌های شمال غربی دشت به دلیل وجود رسوبات دانه‌درشت، مقاومت‌های ویژه افزایش داشته، ضمن آنکه در این مناطق سطح ایستابی چاه‌های آب تا ۱۴۵ متر هم می‌رسد (چاه میغان).

۳- با بررسی مقاطع دوبعدی حاصل از تفسیر ۱۰ پروفیل به کمک نرم‌افزار RES2DINV و ZONDRES2D مشاهده می‌شود؛ که در اکثر پروفیل‌ها مقاومت‌ها از شمال غربی به سمت جنوب- شرقی کاهش می‌یابند. علت این تغییر مقاومت‌ها می‌تواند، وجود رسوبات به صورت ماسه سنگ، دانه درشت و خشک در ابتدای پروفیل‌ها بوده و هر چه به انتهای پروفیل‌ها نزدیک می‌شویم، رسوبات به صورت دانه‌ریزتر و گاهی به شکل مرطوب است. علاوه بر آن در بیشتر سونداژها مقاومت‌های ویژه در راستای قائم با افزایش عمق کاهش می‌یابند. در سونداژهای میانی مقاومت‌ها کاهش بیشتری دارند، این

کاهش مقاومت با کاهش سطح ایستابی چاه‌های موجود در این مناطق نسبت به دیگر مناطق، همراه است (چاه کال‌چخماق بر روی پروفیل ۳ با سطح ایستابی ۱۴/۵ متر، چاه قلعه بلوچ بر روی پروفیل ۵ با سطح ایستابی ۷ متر و چاه کلامو با سطح ایستابی ۹ متر بر روی پروفیل ۶).

۴- مقادیر مقاومت‌ویژه به‌دست آمده از تفسیر یک‌بعدی برای لایه آبدار و پارامترهای هیدروشیمی ۲۰ چاه در مجاورت این سونداژها تلفیق گردید. داده‌های هیدروشیمی استفاده شده شامل TDS ، EC و غلظت آنیون‌ها که شامل SO_4 (سولفات)، Cl (کلرید)، HCO_3 (بیکربنات) و CO_3 (کربنات) موجود در آب زیرزمینی این چاه‌ها بوده است. به کمک نرم‌افزار Excel ارتباط بین این کمیت‌ها با ابزار رگرسیون خطی انجام شد. ضریب همبستگی ۰/۷ و ۰/۸ برای نمودارهای خطی و ضرایب ۰/۸ و ۰/۹ برای نمودارهای لگاریتمی حاکم از رابطه نسبتاً خوب بین این کمیت‌ها می‌باشد. هر چند که منحنی‌های لگاریتمی با ضریب همبستگی بالاتر برازش بهتری نسبت به توابع خطی ساده داشته‌اند. از نتایج حاصل شده در این خصوص نیز می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

الف: افزایش غلظت یون‌ها در آب، کاهش شدید مقاومت‌ویژه را بدنبال داشته است (شکل‌های ۵-۷، ۵-۸، ۵-۹ و ۱۰-۸).

ب: نمودارهای حاصل از منحنی‌های لگاریتمی در تمام موارد توانسته است، برازش بهتری را برای نقاط ایجاد کرده و ارتباط بیشتر و بهتری را بین پارامترهای هیدروشیمی و مقاومت‌ویژه لایه آبدار بوجود بیاورد.

پ: در نمودارهای حاصل از منحنی‌های لگاریتمی شیب زیاد منحنی در قسمت‌هایی است که مقدار یون‌ها کاهش و مقاومت‌ویژه افزایش دارد. شیب کم منحنی نیز در قسمت‌هایی است که غلظت یون‌ها افزایش و به‌دنبال آن مقاومت‌ویژه کاهش داشته است. به‌طور کلی هنگامی که غلظت یون‌ها افزایش می‌یابد، تأثیرپذیری آن بر روی مقاومت‌های ویژه کاهش می‌یابد. یعنی اگر تا حدی غلظت یون‌ها افزایش یابد، بعد از آن تأثیر زیادی بر کاهش مقاومت‌های ویژه ندارد.

ت: با کمک نمودارها و رابطه همبستگی بدست آمده در این پایان نامه می توان کیفیت آب زیرزمینی را با دقت قابل قبولی تخمین زد. عوامل اثرگذار زیادی بر مقاومت ویژه زمین وجود دارند؛ که علاوه بر غلظت یون ها عوامل دیگری شامل تخلخل، نفوذپذیری، اشباع شدگی، مقدار رس و... از آن جمله می - باشند. برای بررسی های دقیق تر احتیاج به اطلاعات دقیق تر، جامع تر و کامل تر از منطقه در خصوص موارد فوق می باشد.

۶-۲- پیشنهادات

عوامل مختلف و پارامترهای زیادی هستند؛ که فهم ارتباط این عوامل با مقاومت ویژه، اهمیت بسیار زیادی در اکتشاف مواد زیر سطح زمین (به ویژه آب زیرزمینی مورد نظر) با کمک روش های ژئوالکتریکی دارد. برای بررسی های کامل تر و جامع تر نقش این عوامل را باید بر مقاومت ویژه تعیین کرد. مثلاً با کمک روش پلاریزاسیون القایی (IP) وجود رس را در قسمت ها و لایه های مختلف منطقه مورد مطالعه، بررسی کرده و ارتباط آن را با مقاومت ویژه تعیین می کنند. بنابراین برای تعیین و حضور رس در زیر سطح زمین به خصوص لایه آبدار از روش IP استفاده می شود.

همچنین لازم است ابتدا از آب مورد مطالعه نمونه گیری بعمل آمده پس از بررسی های آزمایشگاهی به صورت شیمیایی (تعیین آنیون ها، کاتیون ها و...) و فیزیکی (تعیین آزمایشگاهی مقاومت ویژه نمونه ها و...) و تعیین ارتباط دقیق تر بین این عوامل و مقاومت ویژه نمونه ها پرداخته شود.

پیوست

در جداول پ-۱ تا پ-۵۹ نتایج تفسیر سونداژهای مختلف در منطقه مورد مطالعه به همراه تعیین لایه آبدار و مشخصات آن آورده شده است.

جدول پ-۱: تفسیر سونداژ S1 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ S1	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	289	0.57	289	0.6	340	0.85
لایه دوم	707	2.66	738	2.43	580	3.45
لایه سوم	282	8.7	300	9.8	300	10
لایه چهارم	264	149	242	39.3	250	150
لایه پنجم	233	159	341	78.8	230	160
لایه ششم	211	169	199	158	210	170
لایه هفتم*	49	169	78.82	158	63	170

*لایه آبدار است

جدول پ-۲: تفسیر سونداژ S2 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ S2	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	27.9	0.46	33	0.9	36	0.6
لایه دوم	175	1.3	34	1.02	85	1.8
لایه سوم	195	5.2	35	4.03	150	5
لایه چهارم	61	15.6	229	6	100	18
لایه پنجم	51	17.4	75	12.54	58	20
لایه ششم*	24	67.7	26.42	60	18	95
لایه هفتم	6.6	163	6.4	173	11	160
لایه هشتم	25.5		23.62		22	

*لایه آبدار است

جدول پ-۳: تفسیر سونداژ S3 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ S3	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	380	0.758	387	0.27	400	0.7
لایه دوم	216.5	3.57	389	0.69	250	4.6
لایه سوم	769	13.2	223	4.9	480	18
لایه چهارم	214	70	110	10.6	200	75
لایه پنجم	227	95	218	107	220	100
لایه ششم	180	260	157	190	200	265
لایه هفتم	304		269		300	

جدول پ - ۴: تفسیر سونداژ S4 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ S4	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	336	0.64	571	0.05	400	0.8
لایه دوم	981	3.3	398	0.127	800	4.5
لایه سوم	446	16	384	0.318	420	21
لایه چهارم	272	43.2	381	0.822	300	50
لایه پنجم	338	192.4	131	2.23	350	210
لایه ششم	389	287	518	10	360	310
لایه هفتم	415	392	308	161	380	420
لایه هشتم	865		500		760	

جدول پ - ۵: تفسیر سونداژ S5 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ S5	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	240	0.3	122	0.15	300	0.8
لایه دوم	546	0.56	200	0.21	400	1
لایه سوم	624	20	622	21.28	600	22
لایه چهارم	321	130	316	135.2	300	130
لایه پنجم*	86.5		82		90	

*لایه آبدار است

جدول پ - ۶: تفسیر سونداژ S6 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ S6	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	64	0.35	0.77	0.015	85	0.8
لایه دوم	158	0.55	137.7	0.038	125	1
لایه سوم	299	1.5	46.76	0.093	180	2
لایه چهارم	145	2.5	57	0.4	160	3
لایه پنجم	221	3.6	110	50	210	4
لایه ششم	149	20	493	0.7	150	20
لایه هفتم	35.174	51	169	11	40	68
لایه هشتم	26	53	93	29	27	70
لایه نهم*	12.27	93	21	60	15	110
لایه دهم	14.3	347	13	464	15	380
لایه یازدهم	22.1		41		18.75	

*لایه آبدار است

جدول پ-۷: تفسیر سونداژ S7 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s7	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	498	1.19	497.1	1.26	500	0.8
لایه دوم	388.8	5.17	385.3	4.35	400	4.8
لایه سوم	217	17	200	19.23	220	14
لایه چهارم	116	80	69.21	27.45	140	95
لایه پنجم	256	206	403	57.4	160	280
لایه ششم*	19.544		58.3		24	

*لایه ابدار است

جدول پ-۸: تفسیر سونداژ S8 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s8	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	58.7	0.33	94.88	0.02	110	0.75
لایه دوم	1094	1.2	54.95	0.23	300	2.1
لایه سوم	243	2.2	74.6	0.31	340	3.5
لایه چهارم	176	7.9	181.9	0.45	220	10
لایه پنجم	110	12.8	172.7	1.21	185	15
لایه ششم	176	17.3	157.3	22.23	180	20
لایه هفتم	305.3	39.5	453.3	35.64	205	46
لایه هشتم	161.04	212.02	150.5	370.6	220	100
لایه نهم*	70.9		6.08		110	

*لایه ابدار است

جدول پ-۹: تفسیر سونداژ S9 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s9	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	49.9	0.5	42.48	0.095	50	0.8
لایه دوم	91.5	1.1	43.21	0.23	75	1.5
لایه سوم	88.9	1.5	52.62	0.52	87	2
لایه چهارم	94.2	1.75	91.5	2.3	93	2.1
لایه پنجم	212.2	5.7	380.1	4.5	145	7
لایه ششم	120.4	12.3	84.81	10.6	190	17
لایه هفتم	453.2	34.4	771.3	21.85	250	60
لایه هشتم	177	43.5	159.9	114.2	235	56
لایه نهم	124	189	33.5	251.9	160	165
لایه دهم*	35.4		20.35		320	

*لایه ابدار است

جدول پ - ۱۰: تفسیر سونداژ S10 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s10	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	19.9	0.58	10.39	0.095	23	0.6
لایه دوم	92.3	6.2	19.3	0.23	80	6.8
لایه سوم	444.3	13.6	20.93	0.92	140	13
لایه چهارم	3.6	17.2	94.8	5.6	185	16
لایه پنجم	95	37.6	330.5	23.6	155	68
لایه ششم	94	39.3	59.6	77.52	105	70
لایه هفتم*	81.2	230.5	133.6	163.2	80	215
لایه هشتم	32.1		29.6		32	

*لایه آبدار است

جدول پ - ۱۱: تفسیر سونداژ S11 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s11	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	70.8	0.7	49.22	0.26	70	0.8
لایه دوم	70.3	2.9	94.6	0.83	70	3.1
لایه سوم	77	4.4	44.55	1.40	75	4.6
لایه چهارم	97	7.8	82.84	7.05	80	8.5
لایه پنجم	148	23.2	146	24.5	115	31
لایه ششم*	44.9	59	38.32	54.5	75	70
لایه هفتم	319.2	194.3	300	255.5	150	230
لایه هشتم	55.6		4.92		105	

*لایه آبدار است

جدول پ - ۱۲: تفسیر سونداژ S12 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s12	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	448.5	0.6	4561	0.17	440	0.8
لایه دوم	250.3	2.5	262	0.48	240	3.1
لایه سوم	146.7	3.5	607	0.84	210	4.2
لایه چهارم	129.3	5.4	197	35.3	180	6
لایه پنجم	256.3	17.5	24.4	39.7	210	17
لایه ششم	119.3	41.9	27	52.5	150	50
لایه هفتم*	52.1	63	46.2	63.8	100	68
لایه هشتم	119.3	180.9	1103	116	130	260
لایه نهم	919		2.8		910	

*لایه آبدار است

جدول پ-۱۳: تفسیر سونداژ S13 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s13	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	346.1	0.4	171	0.33	260	0.66
لایه دوم	458.5	0.7	1971	0.88	360	1
لایه سوم	544.3	1.9	53.2	1.71	540	2.5
لایه چهارم	433.1	2.0	228	79.5	440	2.6
لایه پنجم	187.0	11.7	349	83.8	180	13
لایه ششم	270.9	18.8	1112	85.8	240	20
لایه هفتم	226.9	36.8	53.4	98.6	210	38
لایه هشتم	247.1	62.9	88.5	127	240	64
لایه نهم	152.1	290.9	128	199	150	300
لایه دهم*	44.0		153		45	

*لایه آبدار است

جدول پ-۱۴: تفسیر سونداژ S14 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s14	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	242.9	0.4	216.2	0.4	250	0.6
لایه دوم	575.2	1.3	961	0.8	420	1.6
لایه سوم	176.1	5.7	190.3	5.3	190	6.8
لایه چهارم	69.4	6.3	26.93	30.9	70	7.4
لایه پنجم	22.8	20.3	67.49	35.4	32	22
لایه ششم*	48.7	47.2	70.36	42.5	36	62
لایه هفتم	69.4	64.1	82.27	60.0	46	80
لایه هشتم	65.3	123.8	76.48	101.7	50	150
لایه نهم	18.7		20.27		20	

*لایه آبدار است

جدول پ-۱۵: تفسیر سونداژ S15 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s15	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	29.4	0.2	11.4	0.07	50	0.62
لایه دوم	456.8	0.9	161	6.0	120	1.7
لایه سوم	79.8	1.6	55.7	202	145	2.5
لایه چهارم	58.6	2.1	9.0	372	135	3.1
لایه پنجم	100.8	11.5	15.2	386	100	14
لایه ششم	75.0	12.5	15.2	408	75	15
لایه هفتم	40.3	25.6	15.2	461	70	30
لایه هشتم	69.3	27.6	131	592	64	32
لایه نهم*	56.5	228.0	15.2	930	44	320
لایه دهم	6.5		15.2		4.4	

*لایه آبدار است

جدول پ - ۱۶: تفسیر سونداژ S16 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s16	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	43.6	0.39	48.4	0.5	50	0.45
لایه دوم	102	1.7	131.1	1.2	80	1.7
لایه سوم	45.1	4.6	59.5	10.47	70	4.6
لایه چهارم	60	9.2	104.4	20.45	66	11
لایه پنجم	111.2	16.8	6.15	23.5	63	31
لایه ششم*	50.7	17.7	9.83	26.82	54	32
لایه هفتم	25.3	22.7	10.8	33.7	38	38
لایه هشتم	22.2	164.8	36.23	81.5	17	300
لایه نهم	11.3		13.18		8.5	

*لایه آبدار است

جدول پ - ۱۷: تفسیر سونداژ S17 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s17	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	38.1	0.68	53.7	0.3	40	0.75
لایه دوم	32.4	0.96	30.7	2.7	35	1
لایه سوم	29.8	1.8	9.5	4.9	27	2.1
لایه چهارم	18.6	6.2	175.5	7.9	24	10
لایه پنجم	64.2	12.7	12.3	29.3	34	17
لایه ششم*	18.8	20.5	35.6	46	28	26
لایه هفتم	16.2	36.5	17.75	104.7	23	42
لایه هشتم	18.9	325.2	17.95	242.4	19	340
لایه نهم	0.6		6.10		0.6	

*لایه آبدار است

جدول پ - ۱۸: تفسیر سونداژ S18 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s18	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	31.3	0.45	37	0.005	28	0.5
لایه دوم	21.3	10	1.24	0.025	22	11
لایه سوم	32.3	16.5	1441	0.03	25	17
لایه چهارم*	23.6	46.5	202	0.16	24	54
لایه پنجم	29.2	156.2	5.2	0.66	28	180
لایه ششم	23.5	168.3	32.7	22.926	24	190
لایه هفتم	14.3		16.7		14.4	

*لایه آبدار است

جدول پ- ۱۹: تفسیر سونداژ S19 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s19	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	13.2	1.03	13.4	0.5	13	0.9
لایه دوم	24.5	3.02	14.1	1.3	18	3.4
لایه سوم	10.6	5.8	33.6	2.8	19	7
لایه چهارم	22.4	7.5	9.4	7.2	16	9
لایه پنجم*	25.7	25.6	129.7	9.1	22	40
لایه ششم	19.3	205.3	19.19	297.5	20	160
لایه هفتم	12.9		9.89		14	

*لایه ابدار است

جدول پ- ۲۰: تفسیر سونداژ S20 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s20	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	86.6	0.8	66.5	0.12	86	0.8
لایه دوم	90.6	0.9	92.3	0.3	85	1
لایه سوم	68.5	2.4	88.5	0.9	68	2.3
لایه چهارم	15.6	26.3	69.9	2.1	18	36
لایه پنجم	29.3	56.2	15.8	32.5	20	110
لایه ششم	13.5	68.3	59	47.58	16	120
لایه هفتم*	10.2		10.11		9.6	

*لایه ابدار است

جدول پ- ۲۱: تفسیر سونداژ S21 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s21	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	114	0.96	116.1	0.003	110	1
لایه دوم	61.5	2.002	116.1	0.008	95	2
لایه سوم	253	5.02	116.1	0.01	112	5.6
لایه چهارم	146.5	6.3	116.1	0.1	135	7
لایه پنجم	111.2	12.1	99.5	0.12	170	15
لایه ششم	148.5	13.3	127.7	0.32	135	17
لایه هفتم	176.2	16.7	105.9	0.95	140	20
لایه هشتم	214.45	86.5	75.9	2.5	200	95
لایه نهم	164	146.3	386.5	5.1	180	150
لایه دهم	161.5	153.03	43.9	7.1	160	160
لایه یازدهم	151.5	168.2	208.8	131.2	150	175
لایه دوازدهم*	35.7		68.34		75	

*لایه ابدار است

جدول پ - ۲۲: تفسیر سونداژ S22 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ S22	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	20.95	0.89	20.44	0.7	20	0.8
لایه دوم	26.3	1.1	34.7	3.6	23	1.1
لایه سوم	40.3	3.1	16.5	9.3	28	2.7
لایه چهارم	15.7	6.1	73.5	25.02	29	5.6
لایه پنجم	17.6	7.6	15	26.11	27	7
لایه ششم	41.3	12.6	30.7	214.2	28	16
لایه هفتم	87.01	23.2	6.5	250.1	37	27
لایه هشتم	15.4	40.7	8.25	285	38	46
لایه نهم	18.6	49.85	9.05	365	36	56
لایه دهم*	26.94	269.5	10.52	571	21	380
لایه یازدهم	6.7		13.65		11	

*لایه آبدار است

جدول پ - ۲۳: تفسیر سونداژ S23 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ S23	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	391.2	0.8	105	0.068	330	0.85
لایه دوم	364	1.42	485	4.66	510	1.6
لایه سوم	601	5.2	1064	9.15	500	6.6
لایه چهارم	766	6.2	323	208	580	7
لایه پنجم	433	16.2	284	226	480	23
لایه ششم	370	18.1	220.2	256	420	25
لایه هفتم	266.5	22.9	210.3	330	320	30
لایه هشتم	234.5	209.22	166.8	516	210	220
لایه نهم*	16.5		6.17		15	

*لایه بدار است

جدول پ - ۲۴: تفسیر سونداژ S24 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ S24	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	16.9	0.36	20.3	0.5	25	0.5
لایه دوم	64.5	0.78	433.5	1.1	48	1.5
لایه سوم	198.5	2.03	90.45	17.32	85	3
لایه چهارم	92.5	14.5	46.2	90.4	100	10
لایه پنجم	53.2	56.5	13.05	159.3	68	46
لایه ششم*	28.4	132.2	14.1	342.6	30	70
لایه هفتم	11.11		8		7.5	

*لایه آبدار است

جدول پ- ۲۵: تفسیر سونداژ S25 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s25	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	3.6	0.3	4.11	0.3	5.5	0.6
لایه دوم	12.3	0.9	21.5	0.7	15	1.5
لایه سوم	36.2	1.5	10.7	2.05	22	2.2
لایه چهارم	12.3	2.9	1.91	6.44	25	4
لایه پنجم	15.1	4.2	11.6	7.36	21	5.4
لایه ششم	24.2	6.5	18.9	8.8	22	8.5
لایه هفتم	36.2	16	18.9	12.3	25	19
لایه هشتم	23.6	17	30.5	33.2	25	21
لایه نهم*	21.56	86.5	17.5	48.2	22	85
لایه دهم	14.8	302	18.8	133	16	290
لایه یازدهم	2.46		9.9		2.4	

*لایه آبدار است

جدول پ- ۲۶: تفسیر سونداژ S26 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s26	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	8.5	0.5	9.15	0.6	10.5	0.9
لایه دوم	191.2	0.8	28.1	1.6	13	1.2
لایه سوم	21.6	2.03	4.6	1.96	16	3
لایه چهارم	6.3	4.2	6.23	5.01	11	5.6
لایه پنجم	16.5	6.8	19.5	48.5	12	8.5
لایه ششم*	16.4	100.2	12.5	280	16	150
لایه هفتم	11.02		9.06		9.6	

*لایه آبدار است

جدول پ- ۲۷: تفسیر سونداژ S27 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s27	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	12.5	0.78	12.5	2.1	12.5	0.8
لایه دوم	12.3	1.7	8.9	5.04	95	2.1
لایه سوم	7.4	2.3	18.5	17.2	7.8	3.2
لایه چهارم	3.9	2.5	1.75	140	4.2	3.4
لایه پنجم	1.1	5.9	0.38	145	2.9	12
لایه ششم	17.4	18.6	3.25	153	5.8	24
لایه هفتم	1.5	75.3	0.48	173	5.8	44
لایه هشتم	5.1	81.2	0.35	225	5	50
لایه نهم	5.3	96.03	0.65	346	4	60
لایه دهم	0.3		0.45		1.6	

جدول پ - ۲۸: تفسیر سونداژ S28 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s28	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	216.4	0.32	246	0.8	250	0.66
لایه دوم	384.5	0.45	154.2	1.1	315	0.8
لایه سوم	979.5	1.03	358.2	2.65	435	1.35
لایه چهارم	616.2	1.5	668.2	11.25	500	1.8
لایه پنجم	435.3	2.4	546.2	12.3	580	2.7
لایه ششم	6.6.5	12.65	177.5	3.4	600	13
لایه هفتم	246.5	28.2	184.2	17.45	360	30
لایه هشتم	454.6	100.43	233.2	25.2	360	150
لایه نهم	200.91	138.03	569.2	68.02	25	190
لایه دهم	137		125.1		75	

جدول پ - ۲۹: تفسیر سونداژ S29 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s29	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	47.02	0.47	45.98	0.5	36	0.8
لایه دوم	27.2	0.95	9.4	1.02	30	0.9
لایه سوم	11.65	1.06	26.65	5.9	18	1.4
لایه چهارم	25.06	5.06	237.1	11.45	24	5.2
لایه پنجم	120.9	14.9	17.46	13.23	56	2.8
لایه ششم	47.8	17.84	21.14	15.65	62	3.1
لایه هفتم	41.75	39.55	28.3	24.03	60	66
لایه هشتم	121.51	74.31	43	33.85	72	105
لایه نهم*	75	84.1	228.2	58.17	75	115
لایه دهم	53		46		52.5	

*لایه ابدار است

جدول پ - ۳۰: تفسیر سونداژ S30 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s30	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	50.2	0.5	55.34	0.15	56	0.5
لایه دوم	77.2	2.6	84.5	0.23	70	4
لایه سوم	48.5	5.5	40.34	0.75	56	7.5
لایه چهارم	98.3	8.5	138.2	2.6	70	10
لایه پنجم	71.2	12.6	46.32	5.1	60	15
لایه ششم	41.3	35.05	36.2	7.8	50	38
لایه هفتم	39.5	45.03	46.32	27.5	42	48
لایه هشتم*	36.03	372.1	36.2	256	32	410
لایه نهم	3.1		11.6		3.2	

*لایه ابدار است

جدول پ-۳۱: تفسیر سونداژ S31 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s31	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	20	0.9	18.45	0.002	21	0.8
لایه دوم	23	1.1	20.3	0.0025	24	0.9
لایه سوم	25	4	22.6	0.01	28	1.1
لایه چهارم	26	4.2	15.05	0.3	28	3
لایه پنجم	17	5	18.05	0.9	19	4
لایه ششم	18.4	5.7	18.54	2.3	18	10
لایه هفتم	25.5	6.6	18.55	4.14	19	11
لایه هشتم	53.4	11.6	69.5	23	2613	16
لایه نهم	19.5	48.8	11.05	35.4	25	72
لایه دهم	42.9	69.5	7032	47.5	27	95
لایه یازدهم*	41.6	178.5	20.5	59.4	30	250
لایه دوازدهم	27.5	197.6	68.25	118.3	29	27
لایه سیزدهم	7.44		12.25		7.5	

*لایه آبدار است

جدول پ-۳۲: تفسیر سونداژ S32 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s32	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	13.7	0.96	16.6	0.15	13	1
لایه دوم	4.6	3.2	12.02	0.32	6.4	3.4
لایه سوم	7.7	6.7	13.8	1.05	6.6	7
لایه چهارم	6.8	7.2	3.9	2.7	6.8	7.5
لایه پنجم*	14.6	121.3	7.8	7.71	13	150
لایه ششم	12.6	131.2	14.7	128.9	13	160
لایه هفتم	4.9		4.9		3.9	

*لایه آبدار است

جدول پ-۳۳: تفسیر سونداژ S33 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s33	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	129	0.85	398	0.04	130	0.8
لایه دوم	94	2.5	71.6	0.254	105	2.5
لایه سوم*	28.2	18.1	31.6	0.48	27	18.5
لایه چهارم	27.2	20	13.5	0.523	27.5	20.9
لایه پنجم	4.02	90.2	92	2.46	5	100
لایه ششم	4.9	143.2	28.2	9.8	4.6	160
لایه هفتم	7.44	255.14	4.15	170	5.6	300
لایه هشتم	42.5		27.6		39	

*لایه آبدار است

جدول پ - ۳۴: تفسیر سونداژ S34 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s34	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	100	0.6	125	0.0016	70	0.4
لایه دوم	230	1.2	150	0.004	900	0.5
لایه سوم	290	1.7	110	0.01	650	1.2
لایه چهارم	380	3.1	31.4	0.025	250	2.5
لایه پنجم	320	8.5	88.3	0.06	280	11
لایه ششم	280	9	155	0.12	350	12
لایه هفتم	270	9.7	388	2.5	360	13
لایه هشتم	180	64	118	7.65	150	45
لایه نهم	190	200	21.8	28.9	250	130
لایه دهم	160	205	602	44.4	152	135
لایه یازدهم*	48		1.21		61	

*لایه آبدار است

جدول پ - ۳۵: تفسیر سونداژ S35 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s35	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	71.3	0.32	243.3	0.02	100	0.6
لایه دوم	934.2	0.95	64.7	0.04	230	1.2
لایه سوم	411	1.6	70.61	0.26	290	1.7
لایه چهارم	226.3	5.1	104	0.40	340	3.1
لایه پنجم	315.2	13.1	222	0.6	320	8.5
لایه ششم	130.2	36.2	262	17.3	280	9
لایه هفتم	267.8	116.3	108	39.6	270	102
لایه هشتم	156.3	121.3	420	80.2	180	135
لایه نهم*	68.2		83.2		48	

*لایه آبدار است

جدول پ - ۳۶: تفسیر سونداژ S36 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s36	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	46.4	0.7	46.5	0.003	44	0.65
لایه دوم	256	2.1	85	0.007	100	2.2
لایه سوم	146	3.04	35	0.01	120	3.1
لایه چهارم	63.2	10.1	102	0.04	122	7.5
لایه پنجم	112.2	10.6	144	0.15	110	8
لایه ششم	104	12.06	36.5	0.45	95	9.2
لایه هفتم	96	12.5	42	0.77	102	9.6
لایه هشتم	86	12.9	360	1.98	85	10
لایه نهم	96.14	14.07	67.6	17.5	82	11
لایه دهم*	29.6	71.9	26.12	57.6	34	85
لایه یازدهم	51.6		50		51	

*لایه آبدار است

جدول پ-۳۷: تفسیر سونداژ S37 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s37	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	11.1	0.32	12.2	0.48	14	0.7
لایه دوم	30.5	0.45	65.3	0.50	22	0.9
لایه سوم	46.5	1.2	346	0.51	27	2.1
لایه چهارم	12.6	8.4	120	0.55	15	14
لایه پنجم*	22.6	331.2	83.3	0.66	24	310
لایه ششم	1.17		21		1.2	

*لایه آبدار است

جدول پ-۳۸: تفسیر سونداژ S38 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s38	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	53.5	0.7	54.9	0.007	46	1
لایه دوم	31.5	0.8	55.9	0.01	34	1.1
لایه سوم	30.5	0.9	53.2	0.04	32	1.2
لایه چهارم	12.2	2.5	32.2	0.12	11	3.6
لایه پنجم	8.8	7.6	63.5	0.30	11.2	10
لایه ششم	17.2	12.4	56.2	0.70	13	15
لایه هفتم	15.4	92.3	14.9	2.02	16	110
لایه هشتم	17.5	106.3	9.10	7.21	150	125
لایه نهم*	19.3	202.3	15.7	290.9	15	240
لایه دهم	3.9		1.28		6	

*لایه آبدار است

جدول پ-۳۹: تفسیر سونداژ S39 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s39	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	39.7	0.8	261	0.051	38	0.8
لایه دوم	17.7	5.7	34.2	0.12	18	7.5
لایه سوم	30.03	13.6	23.76	0.30	25	17
لایه چهارم*	16.1	151.06	218	12	16	130
لایه پنجم	7.7		72.2		8	

*لایه آبدار است

جدول پ - ۴۰: تفسیر سونداژ S40 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s40	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	130	0.3	151	1	150	1
لایه دوم	110	0.65	5.2	1.02	97	1.1
لایه سوم	90.1	1	5.4	1.5	70	1.5
لایه چهارم	20.5	1.2	6.2	1.65	68	1.6
لایه پنجم	86.5	1.4	5.2	1.85	67	1.75
لایه ششم	47.3	3.5	5.4	1.96	42	5.4
لایه هفتم	32.1	4.2	6.2	2	36	5.9
لایه هشتم	20.5	10.6	42	2.01	20	12.5
لایه نهم*	20.2	75.44	119	2.15	21	75
لایه دهم	16.2	80.3	20.4	83.1	17.5	80
لایه یازدهم	15.3	85.2	4.42	89	16	85
لایه نوزدهم	4.6		4.7		4.8	

*لایه ابدار است

جدول پ - ۴۱: تفسیر سونداژ S41 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s41	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	26.6	0.36	13.6	0.20	31	0.8
لایه دوم	57.8	0.56	167.5	0.25	42	1
لایه سوم	78.5	1.2	110.8	0.41	56	1.8
لایه چهارم	47.2	4.69	77.7	1.04	44	6
لایه پنجم*	20.96	53.6	33.6	1.67	21	80
لایه ششم	12.6	63.2	55.8	3.96	15	90
لایه هفتم	12.4	299.42	21.1	41.8	12	3.5
لایه هشتم	2.86		10.7		3.6	

*لایه ابدار است

جدول پ-۴۲: تفسیر سونداژ S42 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s42	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	24.5	0.85	25.8	2.64	24	0.9
لایه دوم	33.2	1.5	6.64	2.81	26	1.5
لایه سوم	23.1	2.03	1.25	2.82	24	2.17
لایه چهارم	10.7	7.75	12.5	3.15	13.5	10
لایه پنجم	70.8	10.2	8.59	3.96	14	11
لایه ششم	9.15	28.1	5.93	5.53	17	36
لایه هفتم	8.6	30.3	40.4	11.5	13	38
لایه هشتم	26.6	54.2	4.97	23.9	15	73
لایه نهم*	17.1	82.65	47.7	46.7	14	35
لایه دهم	6.23		6.29		5.6	

*لایه آبدار است

جدول پ-۴۳: تفسیر سونداژ S43 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s43	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	250	0.8	279.2	0.85	260	0.8
لایه دوم	220	1.2	326.1	0.86	247	1.8
لایه سوم	187.5	3.65	17.18	0.91	185	2
لایه چهارم	141.2	4.4	68.65	1.05	165	4.6
لایه پنجم	158.2	8.7	154.1	1.58	140	9
لایه ششم	190	10.8	۳۷۵	2.33	160	11
لایه هفتم	168.4	28.30	95.77	3.52	160	27
لایه هشتم	146.2	29.30	94.49	6.23	110	28
لایه نهم	138.84	31.3	353.3	11.85	140	30
لایه دهم*	51.4	96.6	93.91	61.89	85	75
لایه یازدهم	78.5	101.74	43.6	66.46	80	80
لایه دوازدهم	75.45	112.11	20.86	288.8	75	90
لایه سیزدهم	9.3		1.48		11.22	

*لایه آبدار است

جدول پ-۴۴: تفسیر سونداژ S44 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s44	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	152.3	0.85	93.8	0.41	140	0.8
لایه دوم	89.6	0.95	700.8	0.66	170	1.6
لایه سوم	115.2	6.9	98.5	2.5	130	9.5
لایه چهارم	59.6	11.11	190.1	4.6	75	14
لایه پنجم	50.4	66.56	106.3	9.8	48	85
لایه ششم*	12.12	337.20	48.91	113.5	25	250
لایه هفتم	1.8		7.61		1.54	

*لایه آبدار است

جدول پ - ۴۵: تفسیر سونداژ S45 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s45	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	206	1.64	208	1.59	220	1.3
لایه دوم	43	4.9	47.1	8.75	75	4.2
لایه سوم	42.2	5.9	128	13.2	63	5.2
لایه چهارم	76.5	15.4	72.5	14.7	56	27
لایه پنجم	14.6	21.9	10.6	25.9	40	32
لایه ششم*	35.6	118	93.4	50.1	34	110
لایه هفتم	11.4		14.9		13.65	

*لایه آبدار است

جدول پ - ۴۶: تفسیر سونداژ S46 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s46	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	132.05	0.32	129	0.33	200	0.8
لایه دوم	925.6	0.89	123	0.86	320	1.4
لایه سوم	133.6	1.5	41.2	0.95	400	2.5
لایه چهارم	160.6	2.03	50.3	1.05	250	2.8
لایه پنجم	256.2	10.2	62.2	1.31	260	11
لایه ششم	50.25	20.23	81.7	1.82	100	19
لایه هفتم*	93.9	218.2	6.9	4.48	80	270
لایه هشتم	75.8	228.3	83.2	107	75	280
لایه نهم	69.8	235.58	132	224	70	290
لایه دهم	12.45		1.05		25	

*لایه آبدار است

جدول پ - ۴۷: تفسیر سونداژ S47 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s47	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	92.5	0.45	94.1	0.59	100	0.7
لایه دوم	275.3	1.2	359	1.18	160	1.5
لایه سوم	127.71	3.3	105	5.13	140	6
لایه چهارم	95.6	3.68	60.73	49.6	110	6.4
لایه پنجم*	66.45	156.9	116	94.9	58	220
لایه ششم	25.1		27.6		18	

*لایه آبدار است

جدول پ-۴۸: تفسیر سونداژ S48 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s48	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	71.8	0.36	66.9	0.49	62	0.5
لایه دوم *	44.28	53.6	44	23	48	46
لایه سوم	21.6	131.5	36.2	250	36	100
لایه چهارم	14.03		8.63		14.4	

*لایه آبدار است

جدول پ-۴۹: تفسیر سونداژ S49 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s49	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	65	1.1	53.9	0.27	75	0.5
لایه دوم	139	3.5	142.5	10.94	120	2.5
لایه سوم	153	6.7	9.5	11.11	130	5
لایه چهارم	199.7	7.6	9.6	11.34	125	5.8
لایه پنجم	197.5	9.4	9.7	11.9	120	7.5
لایه ششم	11.51	17.6	9.3	13.31	110	13
لایه هفتم	37.36	18.6	8.46	24.5	75	15
لایه هشتم *	54.5	19.9	23.6	24.54	64	15.5
لایه نهم	51.08	20.4	10.25	25.65	59	16
لایه دهم	28.5	21.5	2.08	45.8	34	17.5
لایه یازدهم	4.77	158.85	10.34	80.58	5.4	165
لایه نوزدهم	12.5		12.35		14.5	

*لایه آبدار است

جدول پ-۵۰: تفسیر سونداژ S50 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s50	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	9.1	0.5	9.5	0.69	11	0.8
لایه دوم	33.8	1.32	51.3	1.28	16	1.7
لایه سوم	15.3	2.02	8.3	1.34	17	2.6
لایه چهارم	15.25	2.11	8.2	1.48	16	2.7
لایه پنجم	14.03	2.30	8.1	1.83	15.5	2.9
لایه ششم	9.6	2.94	11	3.47	13	3.6
لایه هفتم	8.55	3.86	4.4	5.05	11	4.6
لایه هشتم	6.3	9.2	1.9	9.04	7	11
لایه نهم	1.4	20	4.1	18.1	3	20
لایه دهم	7.1	50	11.9	38.7	4	56
لایه یازدهم	7.71	87.5	34.1	155.5	5	90
لایه نوزدهم *	25.8		34.15		22.4	

جدول پ - ۵۱: تفسیر سونداژ S51 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ S51	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	65.9	0.3	126.4	0.25	41	0.6
لایه دوم	16.8	0.45	20.7	2.04	26	0.7
لایه سوم	20.1	0.52	0.23	2.36	24	0.8
لایه چهارم	24.1	0.62	16.99	2.73	22	0.9
لایه پنجم	19.2	2.05	11.59	3.4	14.5	3.1
لایه ششم	6.3	6.99	4.98	6.51	4	16.5
لایه هفتم	2.03	8.9	2.012	8.88	3.4	18.5
لایه هشتم	2.65	26	1.80	14.47	3.2	36
لایه نهم	6.02	88	4.6	66.28	7	170
لایه دهم*	15.95		15.01		17.5	

جدول پ - ۵۲: تفسیر سونداژ S52 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ S52	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	197	0.3	248.2	0.09	280	0.8
لایه دوم	585	0.5	247.1	0.24	410	1.25
لایه سوم	950	0.93	250	0.16	520	3.20
لایه چهارم	822	1.9	2083	1.23	450	4
لایه پنجم	141	9.7	154	8.3	130	10
لایه ششم*	79	242	80.5	160.2	80	250
لایه هفتم	5.3		36.36		5.6	

جدول پ - ۵۳: تفسیر سونداژ S53 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ S53	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	138	0.4	13	0.03	175	0.9
لایه دوم	239.2	0.63	38.2	0.04	245	1.4
لایه سوم	530	1.3	63	0.06	240	3.1
لایه چهارم	218	2.2	1783	0.2	150	4
لایه پنجم	119.38	3.08	256	1.8	68	18
لایه ششم	59	22.8	64.2	32.5	75	60
لایه هفتم*	91	151.4	97.6	109	80	160
لایه هشتم	50		56.3		48	

*لایه آبدار است

جدول پ-۵۴: تفسیر سونداژ S54 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s54	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	65.5	0.5	88.2	0.034	90	0.8
لایه دوم	239.45	1.45	229	0.09	140	2.7
لایه سوم	96	1.54	56.6	0.21	100	2.8
لایه چهارم	42.8	3.5	58.2	0.5	60	4.8
لایه پنجم	54	23.3	468	0.9	50	18
لایه ششم*	67	69	53.6	36.3	68	100
لایه هفتم	126	162	95.6	175	90	2.5
لایه هشتم	31.9		38.1		31.5	

*لایه آبدار است

جدول پ-۵۵: تفسیر سونداژ S55 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s55	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	27.16	0.6	28.5	0.015	30	0.7
لایه دوم	45.2	2.12	28.53	0.023	36	2.1
لایه سوم	11.2	5.06	13.26	0.095	20	4.6
لایه چهارم	31	14.3	25.28	0.2	20	21
لایه پنجم	17.7	16.22	34.47	0.3	19	23
لایه ششم	7.11	22.4	38.7	2.5	14	30
لایه هفتم	7.2	50	9.3	5.3	11	100
لایه هشتم	24.9	69.2	45.18	11.85	12	120
لایه نهم*	17.7	125.4	7.58	51.3	11.5	210
لایه دهم	10.6	130.3	26.58	101.2	11	215
لایه یازدهم	4.19		4.5		4.4	

*لایه آبدار است

جدول پ-۵۶: تفسیر سونداژ S56 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ s56	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	339.6	0.85	300	0.02	300	1.5
لایه دوم	201.19	1.05	260	0.035	220	1.7
لایه سوم	156.02	14.5	191	0.12	140	15
لایه چهارم	60.68	24.5	800	0.325	110	1.8
لایه پنجم*	87.8	151.6	100.2	4.5	90	150
لایه ششم	115.9	316.5	202	120	95	320
لایه هفتم	45.11		75.6		47.5	

*لایه آبدار است

جدول پ - ۵۷: تفسیر سونداژ S57 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ S57	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	195	0.43	91.53	0.14	200	0.8
لایه دوم	265.23	1.3	212.7	0.19	360	1.8
لایه سوم	131	2.24	372.9	0.43	140	2.8
لایه چهارم	69	10.8	654.3	1.23	85	12
لایه پنجم	219	15.8	72.87	11.35	100	16
لایه ششم*	69.7	84.3	162.9	23.4	85	110
لایه هفتم	198.6	172.7	32.61	42.64	110	200
لایه هشتم	123.7		141.3		165	

*لایه آبدار است

جدول پ - ۵۸: تفسیر سونداژ S58 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ S58	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	141	0.3	134	0.30	240	0.9
لایه دوم	682	0.86	1485	0.57	320	1.4
لایه سوم	397	1.4	166	8.38	380	2
لایه چهارم	150	10.1	49.1	89.9	160	9.5
لایه پنجم	44.2	39.4	230	163	54	40
لایه ششم*	63.3	113	65.3	220	65	150
لایه هفتم	61.2		160		62.5	

*لایه آبدار است

جدول پ - ۵۹: تفسیر سونداژ S59 با استفاده از روش‌های مختلف

سونداژ S59	تفسیر با نرم افزار IX1D		تفسیر با نرم افزار IPI2WIN		تفسیر با منحنی های استاندارد	
	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)	$\rho(\Omega.m)$	D(m)
مشخصات						
لایه اول	46	0.6	15.5	0.15	46	0.8
لایه دوم	77.69	0.97	106	0.20	56	1.8
لایه سوم	9.9	3.6	92.6	0.99	20	9.5
لایه چهارم	260	15.6	17.3	2.45	44	21
لایه پنجم*	32	43	11.3	5.74	70	46
لایه ششم	116	137	445	9.2	68	140
لایه هفتم	114	170	71.2	71.7	80	170
لایه هشتم	40.6		69.9		56	

*لایه آبدار است

فهرست منابع

- پور سرداری، ب. (۱۳۹۰)، پایان نامه ارشد: "مدل سازی و تفسیر سونداژهای الکتریکی به منظور اکتشاف آب زیرزمینی و ایجاد ارتباط بین نتایج مدل سازی و تفسیر با پارامترهای آب در منطقه میامی جنوبی" دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود
- حجت، آ. و رنجبر، ح. (۱۳۹۰) "اصول ژئوالکتریک کاربردی" چاپ اول، انتشارات ستایش، تهران، ص ۲۷۸.
- حجت، آ. (۱۳۸۲)، پایان نامه ارشد: "مطالعات ژئوالکتریک جهت بررسی آب های زیرزمینی و ساختارهای زمین شناسی در محدوده آنومالی شماره ۳ معدن سنگ آهن گل گهر" دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، ص ۳۶-۴۰. سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۸۸ "گزارش مهندسین مشاور سازند شرکت آب پارس"
- شاهزیدی، ا. (۱۳۸۹)، پایان نامه ارشد: "مدلسازی و تفسیر سونداژهای مقاومت ویژه الکتریکی و تعیین ارتباط نتایج با پارامترهای کیفی در منطقه خرمالو استان گلستان" دانشکده مهندسی معدن ، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود
- صداقت، م. (۱۳۸۷)، "زمین و منابع آب" جلد اول، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه پیام نور، ص ۲، ۳، ۷، ۸، ۱۶۲، ۱۶۸ و ۲۴۳.
- راه چمنی، م. (۱۳۹۰)، پایان نامه ارشد: "تعیین ارتباط بین تغییرات هیدروشیمیایی و مقاومت ویژه الکتریکی حاصل از مدلسازی و تفسیر سونداژهای ژئوالکتریک آب زیرزمینی در منطقه چناران" دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود

- محبی گوراب پسی، ر. (۱۳۸۸)، پایان نامه ارشد: "مدلسازی و تفسیر سونداژهای مقاومت ویژه

الکتریکی و تعیین ارتباط نتایج با پارامترهای هیدرولوژیکی در منطقه دوغ استان گلستان "

دانشکده مهندسی معدن ، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود

- کامکار روحانی، ا. (۱۳۸۸)، "بررسی ژئوفیزیکی به منظور شناسایی سنگ کف در بستر رودخانه

قلعه دختر واقع در جنوب طرود – استان سمنان " طرح پژوهشی منعقد فیما بین معاونت پژوهشی و

فناوری و مرکز تحقیقات منابع استان سمنان، دانشگاه صنعتی شاهرود

- Abdel-Azim M. Ebraheem, Mahmood M. Senosy, And Kamal A. Dahab, (1997),
"Geoelectrical And Hidrogeochemical Studies for Delineating Ground-Water Contamination Duo to Salt Water Intrusion in the Northern Part of the Nile Delta, Egypt" Ground Water, No 2, 35, pp. 216.219

- Asfahani, J., 2007, **Electrical earth resistivity surveying for delineating the characteristics of ground water in a semi-arid region in the Khanasser Valley, Geology Department, Atomic Energy Commission, Syria.,** pp. 1085-1097.

- Asfahani, J., 2007, **Neogene aquifer properties specified through the interpretation of electrical sounding data, Salamieyeh region, Geology Department, Atomic Energy Commission, Syria.,** pp. 2934-2943.

- Bernard, J., 2003, **Short note on the principles of geophysical methods for groundwater investigations.**

- Corvallis, O. R., 2000, D.C. **Resistivity methods**, Northwest Geophysical Associates, Inc.

- Hodlur, G.K., Dhakate, R., and Andrade, R., 2006, **Correlation of vertical electrical sounding and borehole –log data for delineation of saltwater and freshwater aquifers; Geophysics** , 71(1), G11-G20.

- Kaminsky A.(2010). **"Program for tow-dimentional interpretation of data obtained by resistivity and induced polarization methods"**, Saint Petersburg.
- Milson, J., 1989, **Field Geophysics**, Geological Society of London Handbook Series, pp. 90-97.
- Mooney, H. M., 1980, **Handbook of Engineering Geophysics: Vol. 2: Electrical Resistivity**, Bison Instruments, Inc.
- Reynolds, J. M., 1997, **An Introduction to Applied and Environmental Geophysics**, pp. 418-459.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., and Sheriff, R. E., 1990, **Applied Geophysics, Vol. 1, Second Edition**, Cambridge University Press.
- Titov, K.V., Levitski, A., Konosavski, P.K., Tarasov, A.V., Ilyin, Y.T., and Buès, M.A., (2005), **"Combined application of surface geoelectrical methods for groundwater flow modeling"** Geophysics, No. 5, 70, h21–h31.
- Ward S.H.. (1990) **"Resistivity and induced polarization methods"** In: Geotechnical and environmental geophysics, Vol. 1, pp.147-189.
- White, P.A., (1994), **"Electrode arrays for measuring groundwater flow direction and velocity"** Geophysics, No. 2 , 59, pp. 192-201.
- Yao An Guo, (1987), **"Estimation of TDS in sand aquifer water through resistivity log"** Ground Water, No. 5, 24, pp. 598-600.
- Zonge Engineering and Research Organization, 1994, **The application of Surface Electrical Geophysics to groundwater problems**, Electrical Geophysics Seminar Notes, pp. 2-15.

Abstract

The importance of groundwater for human beings ever existed in the past. Today, reducing the reserves of this vital fluid in many parts of the world, its importance has doubled.

To obtain comprehensive information and useful groundwater geoelectrical methods for saving money and time over other methods are used.

In the field related to this project in Dasht-e Bastam, located in the city anymore 59 probing Geoelectric over 10 structures parallel to each other along the northwest-southeast of the arrangement Schlumberger and with a maximum length of transmitting electric current 1,000 meters to evaluate from the perspective of regional conditions different layers of groundwater and aquifer are geoelectrical profile.

In the first stage interpretation of this catheterization calc sheet resistivity manually with the help of the main curve (and small) and was standard. Then, with the help of computer software and IX1D IPI2WIN for the next one and then they form two-dimensional modeling software and ZONDRES2D been done RES2DINV. According to the results found that most of the profiles, resistivity decreases from the northwest to the southeast region. Also in further reducing the resistivity sounding vertically from top to bottom. The water level of wells in the mid portion of the study area near ground level (wells Cal flint on the profiles 3, level of water table 5/14 m, shafts Castle Baloch on profiles 5, the groundwater level is 8 meters and the well instrumental stamps groundwater level 9 meters on profiles 6). One goal of this thesis. Hydrochemical data on the correlation between resistivity of underground water is geoelectrical model and interpretations. So with hydro chemical data relating to the 20 wells that are substantially closer to the geoelectric sounding discharge are linear regression, correlation between resistivity data has been hydrochemical data. Hydrochemical data used include TDS (total dissolved

solids), EC (electrical conductivity) and anions which contains SO_4 (sulfate), Cl (chloride), HCO_3 (bicarbonate) and CO_3 (carbonate) is present in groundwater wells. Software Excel relationship between these values were calculated by regression tools. Charts were both linear and logarithmic among these diagrams, graphs of logarithmic curve with a correlation coefficient larger in all cases been able to create a better fit for the relationship more and better hydro chemical parameters and resistivity layer is juicy. This means that the link between hydro chemical parameters and the shape of the curve resistivity aquifer species.

Impact hydro chemical data on the resistivity at low levels of concentration, greater (too much slope of the curve) and the impact in large quantities because of the low slope of the curve is reduced. It can be said: When the concentration is too increased, the effects of the decrease in specific resistance is negligible.

Keywords: probing, resistivity, Bastam, hydro chemical data, the correlation coefficient



دانشگاه صنعتی شاهرود

Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics

MSc thesis in Geophysics- Geoelectric

Modeling and interpretation of resistivity data and investigation of correlation between the interpretation results and qualitative parameters of groundwater in Bastam area

By:Abolhasan Kazemi

Supervisor(s):

Dr A. Kamkar Rouhani

Dr A. ARAB AMIRI

September2016

