





دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

مدل سازی و تفسیر سونداژهای الکتریکی به منظور اکتشاف آب زیرزمینی و ایجاد ارتباط بین نتایج

مدل سازی و تفسیر پارامترهای آب در منطقه میامی جنوبی

بهروز پور سرداری

ژئوفیزیک - ژئوالکتریک

استاد راهنما:

دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی

دکتر علیرضا عرب امیری

استاد مشاور:

مهندس مهدی رحیمیان

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد به منظور اخذ درجه کارشناسی ارشد

تابلستان ۹۱



دانشگاه صنعتی شاهرود
مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

شماره :

تاریخ :

ویرایش :

بسمه تعالی

فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای بهروز پور سرداری رشته ژئوفیزیک گرایش ژئوالکتریک تحت عنوان مدل سازی و تفسیر سونداژهای الکتریکی به منظور اکتشاف آب زیر زمینی و ایجاد ارتباط بین نتایج مدل سازی و تفسیر با پارامترهای آب در منطقه میامی جنوبی که در تاریخ .../.../۱۳۹۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است:

قبول (با درجه : امتیاز :) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱- عالی (۲۰ - ۱۸) ۲- بسیار خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)

۳- خوب (۱۵/۹۹ - ۱۴) ۴- قابل قبول (۱۳/۹۹ - ۱۲)

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی دکتر علیرضا عرب امیری	دانشیار استادیار	
۲- استاد مشاور	مهندس مهدی رحیمیان		
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر مهرداد سلیمانی	دانشیار	
۴- استاد ممتحن	دکتر حمید آقاجانی	دانشیار	
۵- استاد ممتحن	دکتر ایرج پیروز	دانشیار	

تأیید رئیس دانشکده

تقدیم به :

پدر و مادر و همسر عزیزم

به امید آنکه خورشید فرزندان وجودشان بر پهنای دشت زندگی ام، همواره تابان

ماند.

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 کامکار روحانی و علیرضا عرب امیری که بارها بهمانی های دلسوزانه خود را بهی بس دشوار را بر من بهمار 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 بارها بهمانی های بی دریغ و دلسوزانه خود را در انجام این تحقیق یاری کرده اند و بهواره مورد عنایت خود قرار داده اند.

همچنین از زحمات آقایان دکتر مرادزاده و دکتر ایرج پیروز و دکتر فرامرز دولتی به عنوانان اساتید ارجمند این جانب در طول دوره کارشناسی ارشد کمال تشکر را دارم.

به علاوه از زحمات آقای شاه حسینی تشکر کرده و برای ایشان آرزوی سلامتی و موفقیت می کنم.

در انتها از زحمات و راهنمایی های بهترین دوستان دوره دانشجوییم مهندس بهادی و مهندس قدیری، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

تعهدنامه

اینجانب بهروز پورسرداری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته ژئوفیزیک گرایش ژئوالکتریک دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه با عنوان مدل سازی و تفسیر سونداژهای الکتریکی به منظور اکتشاف آب زیر زمینی و ایجاد ارتباط بین نتایج مدل سازی و تفسیر با پارامترهای آب در منطقه میامی جنوبی تحت راهنمایی دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی و دکتر علیرضا عرب امیری، متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش های 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 بدست 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 بافت های 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 افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی 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

مطالعات ژئوفیزیکی دشت میامی جنوبی بر اساس قرارداد منعقد شده بین شرکت سهامی آب منطقه‌ای سمنان و شرکت زمین‌کاوگستر (وابسته به جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران) به بخش ژئوفیزیک شرکت زمین‌کاوگستر واگذار گردیده است.

این مطالعات که به منظور بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی و زمین‌ساختی تشکیلات، تفکیک مرز بین آب‌های شور و شیرین زیرزمینی، تفکیک و برآورد ضخامت لایه‌ها و تعیین موقعیت بی‌هنجاری‌ها در محدوده دشت‌های مذکور صورت گرفته، با استفاده از روش مقاومت‌سنجی الکتریکی (ژئوالکتریک) انجام شده است.

عملیات مقاومت‌سنجی الکتریکی (ژئوالکتریک) با برداشت ۱۳۰ سونداژ الکتریکی با آرایه الکترودی ونر-شلومبرژه در امتداد ۱۶ پروفیل و با حداکثر طول فرستنده جریان الکتریکی ۱۰۰۰ متر انجام شده است. در این پایان‌نامه مدل‌سازی و تفسیر یک‌بعدی و دوبعدی داده‌های سونداژ مقاومت‌ویژه الکتریکی انجام شده است. تعبیر و تفسیر یک‌بعدی با استفاده از نمودارهای استاندارد (سر منحنی‌ها یا منحنی‌های آباک) و نرم‌افزارهایی مثل VES و IXID صورت گرفته است. با توجه به فواصل سونداژها و نیز ابعاد محدوده مطالعاتی و با توجه به اعداد بدست آمده و نیز با بررسی مقاطع و شبه مقاطع و همچنین مشاهدات صحرایی، محدوده سونداژهای A-۱ تا A-۵، F-۵ تا F-۷، K-۹ تا K-۱۱ و L-۹ تا L-۱۰ مکان‌های مناسب برای حفر چاه می‌باشند.

برای بدست آوردن یک رابطه خطی بین نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ مقاومت‌ویژه الکتریکی و پارامترهای هیدرولوژیکی بدست آمده از چاه‌های آب موجود در منطقه مطالعاتی، از

مقادیر مقاومت ویژه لایه‌های آبدار (R_w) و پارامترهای هیدرولوژیکی بدست آمده از این چاه‌ها (مانند TDS و EC) استفاده می‌کنیم. در نهایت، بین نتایج تفسیر یک‌بعدی (به عبارت دیگر مقادیر R_w و پارامترهای هیدرولوژیکی بدست آمده از چاه‌های آب مانند TDS و EC) با استفاده از روش رگرسیون، رابطه‌ای خطی بدست می‌آید.

در این پایان نامه به تفسیر داده‌های مقاومت ویژه در منطقه پرداخته شده است و محل لایه‌های آبدار و عمق و ضخامت آنها تخمین زده شده است و در نهایت با توجه به اطلاعات چاه‌های مجاور سونداژها، با استفاده از روش آماری رابطه‌ای بین R_w و پارامترهای هیدرولوژیکی مانند TDS و EC بدست آمده است.

کلمات کلیدی: دشت میامی جنوبی - مقاومت ویژه الکتریکی - تفسیر یک‌بعدی - تفسیر دو بعدی - نمودارهای استاندارد - لایه آبدار - مقطع ژئوالکتریکی - پارامترهای هیدرولوژیکی - فاکتور سازندی - تخلخل - چاه‌های آب - رگرسیون.



فصل اول: کلیات

۱-۱- ساختار پایانامه	۲
۱-۲- روش تحقیق	۳
۱-۳- ضرورت و هدف از مطالعه حاضر	۴
۱-۴- مقدمه	۴
۱-۵- بررسی های ژئوالکتریکی (مقاومت ویژه)	۵
۱-۵-۱- مقدمه	۵
۱-۵-۲- روش های مقاومت ویژه الکتریکی	۵
۱-۵-۳- اندازه گیری مقاومت ویژه الکتریکی زمین	۶
۱-۵-۴- سونداژزنی مقاومت ویژه	۷
۱-۵-۵- ارائه داده های سونداژزنی مقاومت ویژه	۹
۱-۵-۶- پارامترهای ژئوالکتریکی	۱۰
۱-۵-۷- مقاومت ویژه الکتریکی سنگ ها	۱۰
۱-۶- آرایش های الکترودی مورد استفاده در ژئوالکتریک	۱۲
۱-۶-۱- آرایش شولمبرژه	۱۳
۱-۶-۲- آرایش ونر	۱۳
۱-۶-۳- محاسن آرایش شلومبرژه	۱۴
۱-۶-۴- مقایسه آرایش های ونر و شلومبرژه	۱۵
۱-۷- تجزیه، تحلیل و تفسیر داده های مقاومت ویژه الکتریکی	۱۵
۱-۷-۱- مقاومت ویژه ظاهری	۱۵
۱-۷-۲- مدل سازی	۱۶
۱-۷-۳- یکتایی	۱۷
۱-۸- مفاهیم و اصطلاحات هیدروژئولوژی	۱۷
۱-۸-۱- تقسیم بندی سازندهای زمین شناسی از نظر آب شناسی (بر اساس نفوذپذیری)	۱۷
۱-۸-۲- تخلخل کل یا مطلق	۱۸
۱-۸-۳- هدایت هیدرولیکی	۱۹
۱-۸-۴- ضریب مقاومت سازند تمیز و ارتباط آن با تخلخل	۱۹
۱-۹- خواص فیزیکوشیمیایی آب های زیرزمینی	۲۰
۱-۹-۱- خواص فیزیکوشیمیایی مرتبط با کیفیت آب	۲۰
۱-۹-۲- درجه حرارت آب	۲۱

- ۱-۳-۹-۳- هدایت الکتریکی (EC) آب ۲۱
- ۱-۴-۹-۴- تعیین مقدار کل مواد جامد حل شده ۲۲
- ۱-۵-۹-۵- منشأ شوری در آب‌های زیرزمینی ۲۳
- ۱-۱۰-۱۰- روش‌های الکتریکی به منظور مطالعه آب‌های زیرزمینی ۲۳

فصل دوم: زمین‌شناسی منطقه و عملیات صحرایی

- ۱-۲-۱- گزارش زمین‌شناسی منطقه میامی جنوبی ۲۶
- ۲-۲-۲- دستگاه‌ها و تجهیزات مورد استفاده ۲۸
- ۳-۲-۳- موقعیت جغرافیایی خطوط برداشت منطقه میامی جنوبی ۲۹

فصل سوم: مدل‌سازی و تفسیر یک‌بعدی داده‌های مقاومت‌ویژه برداشت شده

- ۱-۳-۱- مقدمه ۳۲
- ۲-۳-۲- تعبیر و تفسیر کیفی سونداژهای الکتریکی ۳۲
- ۳-۳-۳- تعبیر و تفسیر کمی سونداژهای الکتریکی ۳۳
- ۴-۳-۴- تفسیر سونداژهای الکتریکی برداشت شده در محدوده مورد مطالعه ۳۴
- ۱-۴-۳-۱- نتایج تفسیر و مدل‌سازی دستی سونداژ M-4 با استفاده از منحنی‌های استاندارد ۳۶
- ۲-۴-۳-۲- نتایج تفسیر و مدل‌سازی وارون با نرم‌افزار IXID ۳۷
- ۳-۴-۳-۳- نتایج تفسیر با نرم‌افزار VES ۳۹
- ۴-۴-۳-۴- نتیجه نهایی تفسیر یک‌بعدی سونداژ M-4 ۳۹
- ۵-۳-۵- نتایج حاصل از تفسیر یک‌بعدی دیگر سونداژهای ژئوالکتریک در منطقه میامی جنوبی ۴۰

فصل چهارم: مدل‌سازی و تفسیر دوبعدی داده‌های سونداژالکتریکی و نقشه‌های

هم‌مقاومت‌ویژه ظاهری

- ۱-۴-۱- مقدمه ۴۶
- ۲-۴-۲- نقشه‌های هم‌مقاومت‌ویژه ظاهری دشت میامی جنوبی ۴۶
- ۱-۴-۲-۱- نقشه هم‌مقاومت‌ویژه ظاهری متناظر با فاصله ۱۴ متری الکترودهای فرستنده جریان ۴۷
- ۳-۴-۳- تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV و مقاطع زمین‌شناسی ۴۹
- ۱-۴-۳-۱- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل A ۴۹
- ۲-۴-۳-۲- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل B ۵۲
- ۳-۴-۳-۳- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل C ۵۵
- ۴-۴-۳-۴- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل D ۵۹
- ۵-۴-۳-۵- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها بر روی پروفیل E ۶۲

۶۵	۴-۳-۶- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل F
۶۹	۴-۳-۷- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل G
۷۳	۴-۳-۸- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل H
۷۷	۴-۳-۹- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل I
۸۰	۴-۳-۱۰- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل J
۸۵	۴-۳-۱۱- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل K
۹۰	۴-۳-۱۲- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل L
۹۵	۴-۳-۱۳- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل M
۹۹	۴-۳-۱۴- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل N
۱۰۳	۴-۳-۱۵- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل O
۱۰۸	۴-۳-۱۶- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل P
۱۱۳	۴-۴- نتایج حاصل از تفسیر دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی با استفاده از نرم افزار Res2dinv

فصل پنجم: تعیین ارتباط بین نتایج تفسیر داده های مقاومت ویژه الکتریکی و پارامترهای

هیدروژئولوژیکی بدست آمده از چاه های آب

۱۱۶	۵-۱- مقدمه
۱۱۸	۵-۲- روش آماری رگرسیون
۱۱۸	۵-۲-۱- رگرسیون با یک متغیر مستقل
۱۱۹	۵-۲-۲- رگرسیون با چند متغیر مستقل
	۵-۳- تعیین ارتباط بین نتایج تفسیر یک بعدی داده های سونداژ الکتریکی و پارامترهای هیدروژئولوژیکی
۱۲۰	بدست آمده از چاه های آب موجود در منطقه مطالعاتی
۱۳۲	۵-۴- نتیجه گیری

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۱۳۴	۶-۱- نتیجه گیری
۱۳۵	۶-۲- پیشنهادات
۱۳۶	منابع

جدول ۱-۱- مقاومت ویژه الکتریکی برخی از انواع آب و سنگ	۱۱
جدول ۲-۱- مقادیر عددی تخلخل و هدایت هیدرولیکی برای انواع مختلف خاک‌ها و سنگ‌ها	۱۹
جدول ۳-۱- مقادیر عددی مقاومت ویژه، هدایت ویژه و شوری برای انواع مختلف آب‌ها	۲۲
جدول ۴-۱- گستره تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی بعضی از رسوبات و سنگ‌های رسوبی	۲۴
جدول ۱-۲- موقعیت جغرافیایی پروفیل‌های برداشت شده منطقه میامی جنوبی	۳۰
جدول ۱-۳- مقادیر مقاومت ویژه مربوط به سونداژ	۳۶
جدول ۲-۳- نتیجه نهایی تفسیر یک بعدی سونداژ M-4	۴۰
جدول ۳-۳- نتایج حاصل از تفسیر یک بعدی ۱۳۰ سونداژ	۴۱
جدول ۱-۴- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر دستی و نرم‌افزاری در امتداد پروفیل A	۵۱
جدول ۲-۴- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر دستی و نرم‌افزاری در امتداد پروفیل B	۵۴
جدول ۳-۴- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر دستی و نرم‌افزاری در امتداد پروفیل C	۵۸
جدول ۴-۴- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر دستی و نرم‌افزاری در امتداد پروفیل D	۶۱
جدول ۵-۴- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر دستی و نرم‌افزاری در امتداد پروفیل E	۶۴
جدول ۶-۴- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر دستی و نرم‌افزاری در امتداد پروفیل F	۶۸
جدول ۷-۴- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر دستی و نرم‌افزاری در امتداد پروفیل G	۷۲
جدول ۸-۴- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر دستی و نرم‌افزاری در امتداد پروفیل H	۷۶
جدول ۹-۴- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر دستی و نرم‌افزاری در امتداد پروفیل I	۷۹
جدول ۱۰-۴- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر دستی و نرم‌افزاری در امتداد پروفیل J	۸۴
جدول ۱۱-۴- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر دستی و نرم‌افزاری در امتداد پروفیل K	۸۹
جدول ۱۲-۴- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر دستی و نرم‌افزاری در امتداد پروفیل L	۹۴
جدول ۱۳-۴- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر دستی و نرم‌افزاری در امتداد پروفیل M	۹۸
جدول ۱۴-۴- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر دستی و نرم‌افزاری در امتداد پروفیل N	۱۰۳
جدول ۱۵-۴- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر دستی و نرم‌افزاری در امتداد پروفیل O	۱۰۷
جدول ۱۶-۴- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر دستی و نرم‌افزاری در امتداد پروفیل P	۱۱۲
جدول ۱-۵- نام و محل چاه‌های آب موجود در منطقه و مختصات UTM آنها به همراه مقادیر عددی TDS و EC	۱۲۲
جدول ۲-۵- نام چاه‌های آب موجود در منطقه و فاصله تا سونداژ مجاورش، نام و مختصات UTM سونداژ مجاور چاه و مقاومت ویژه ظاهری لایه آبدار موجود در زیر هر سونداژ	۱۲۳

- شکل ۱-۱- چگونگی اندازه‌گیری مقاومت‌ویژه الکتریکی زمین در روش ژئوالکتریک..... ۶
- شکل ۱-۲- خطوط جریان و سطوح همپتانسیل الکتریکی برای آرایش الکترودی متقارن شولمبرژه..... ۸
- شکل ۱-۳- شمایی از نحوه چیدمان الکترودها در آرایش الکترودی متقارن شولمبرژه..... ۱۳
- شکل ۱-۴- شمایی از نحوه چیدمان الکترودها در آرایش وئر..... ۱۴
- شکل ۲-۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی به همراه موقعیت سونداژها..... ۲۶
- شکل ۲-۲- نقشه میامی و موقعیت منطقه مورد مطالعه..... ۲۷
- شکل ۲-۳- دستگاه‌های اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل..... ۲۹
- شکل ۳-۱- نقشه زمین‌شناسی میامی جنوبی و موقعیت سونداژ M-4..... ۳۵
- شکل ۳-۲- مدل پیشرو حاصل از نتایج تفسیر منحنی‌های استاندارد با خطای $RMS = 15/90.2\%$ ۳۷
- شکل ۳-۳- مدل پیشرو سونداژ M-4 در نرم‌افزار IXID..... ۳۷
- شکل ۳-۴- مدل معکوس حاصل از تفسیر دستی سونداژ M-4 در نرم‌افزار IXID..... ۳۸
- شکل ۳-۵- مدل معکوس سونداژ M-4 در نرم‌افزار IXID..... ۳۸
- شکل ۳-۶- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ M-4 با نرم‌افزار VES..... ۳۹
- شکل ۴-۱- نقشه هم مقاومت‌ویژه ظاهری متناظر با فاصله ۱۴ متری الکترودهای فرستنده جریان..... ۴۸
- شکل ۴-۲- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل A با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV..... ۵۰
- شکل ۴-۳- مقطع زمین‌شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل A..... ۵۲
- شکل ۴-۴- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل B با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV..... ۵۳
- شکل ۴-۵- مقطع زمین‌شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل B..... ۵۵
- شکل ۴-۶- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل C با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV..... ۵۶
- شکل ۴-۷- مقطع زمین‌شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل C..... ۵۸
- شکل ۴-۸- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل D با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV..... ۶۰
- شکل ۴-۹- مقطع زمین‌شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل D..... ۶۲
- شکل ۴-۱۰- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل E با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV..... ۶۳
- شکل ۴-۱۱- مقطع زمین‌شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل E..... ۶۵

شکل ۴-۱۲- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل F با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV	۶۶
شکل ۴-۱۳- مقطع زمین‌شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل F	۶۹
شکل ۴-۱۴- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل G با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV	۷۰
شکل ۴-۱۵- مقطع زمین‌شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل G	۷۳
شکل ۴-۱۶- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل H با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV	۷۴
شکل ۴-۱۷- مقطع زمین‌شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل H	۷۷
شکل ۴-۱۸- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل I با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV	۷۸
شکل ۴-۱۹- مقطع زمین‌شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل I	۸۰
شکل ۴-۲۰- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل J با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV	۸۱
شکل ۴-۲۱- مقطع زمین‌شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل G	۸۴
شکل ۴-۲۲- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل K با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV	۸۶
شکل ۴-۲۳- مقطع زمین‌شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل K	۸۹
شکل ۴-۲۴- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل L با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV	۹۱
شکل ۴-۲۵- مقطع زمین‌شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل L	۹۴
شکل ۴-۲۶- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل M با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV	۹۶
شکل ۴-۲۷- مقطع زمین‌شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل M	۹۹
شکل ۴-۲۸- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل N با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV	۱۰۰
شکل ۴-۲۹- مقطع زمین‌شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل N	۱۰۳
شکل ۴-۳۰- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل O با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV	۱۰۵
شکل ۴-۳۱- مقطع زمین‌شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل O	۱۰۸
شکل ۴-۳۲- نتایج مدل‌سازی دوبعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل P با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV	۱۰۹

- شکل ۴-۳۳- مقطع زمین‌شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل P.....۱۱۳
- شکل ۵-۱- موقعیت سونداژهای الکتریکی برداشت شده در منطقه میامی جنوبی با علامت ▲ و نیز موقعیت چاههای آب موجود در منطقه با علامت ● نشان داده شده است.....۱۲۱
- شکل ۵-۲- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر R_w و TDS.....۱۲۴
- شکل ۵-۳- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر R_w و TDS مربوط به مقادیر TDS بالای ۲۰۰۰.....۱۲۵
- شکل ۵-۴- نمودار رگرسیون نمایی بین مقادیر R_w و TDS مربوط به مقادیر TDS بالای ۲۰۰۰.....۱۲۶
- شکل ۵-۵- نمودار رگرسیون چندجمله‌ای بین مقادیر R_w و TDS مربوط به مقادیر TDS بالای ۲۰۰۰.....۱۲۶
- شکل ۵-۶- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر R_w و TDS مربوط به مقادیر TDS کمتر از ۲۰۰۰.....۱۲۷
- شکل ۵-۷- نمودار رگرسیون نمایی بین مقادیر R_w و TDS مربوط به مقادیر TDS کمتر از ۲۰۰۰.....۱۲۷
- شکل ۵-۸- نمودار رگرسیون چندجمله‌ای بین مقادیر R_w و TDS مربوط به مقادیر TDS کمتر از ۲۰۰۰.....۱۲۸
- شکل ۵-۹- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر R_w و EC.....۱۲۸
- شکل ۵-۱۰- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر R_w و EC مربوط به مقادیر بیش از ۲۰۰۰.....۱۲۹
- شکل ۵-۱۱- نمودار رگرسیون نمایی بین مقادیر R_w و EC مربوط به مقادیر بیش از ۲۰۰۰.....۱۳۰
- شکل ۵-۱۲- نمودار رگرسیون چندجمله‌ای بین مقادیر R_w و EC مربوط به مقادیر بیش از ۲۰۰۰.....۱۳۰
- شکل ۵-۱۳- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر R_w و EC مربوط به مقادیر EC کمتر از ۲۰۰۰.....۱۳۱
- شکل ۵-۱۴- نمودار رگرسیون نمایی بین مقادیر R_w و EC مربوط به مقادیر EC کمتر از ۲۰۰۰.....۱۳۱
- شکل ۵-۱۵- نمودار رگرسیون چندجمله‌ای بین مقادیر R_w و EC مربوط به مقادیر EC کمتر از ۲۰۰۰.....۱۳۲

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

آب نه تنها برای گسترش شهرها و صنایع لازم است، بلکه یکی از عوامل توسعه کشاورزی نیز به شمار می‌آید. از آن جا که جمعیت ایران مانند سایر نقاط دنیا رو به افزایش است، باید از منابع موجود آب بهره برداری بیشتری شود. با توجه به کمبود آب‌های سطحی در برخی مناطق کشور، بهره‌گیری از آب‌های زیرزمینی اجتناب ناپذیر بنابراین بررسی آب‌های زیرزمینی در این مناطق امری ضروری 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، ۸۲].

مصرف آب یک فرد انسانی در یک اجتماع پیشرفته به مراتب بیشتر از مصرف آب فردی است که در یک جامعه عقب مانده زندگی می‌کند. برای مثال، بررسی‌ها نشان می‌دهد که مصرف آب یک نفر در یک جامعه پیشرفته صنعتی در حدود ۶۰۰ لیتر در روز است، در حالی که یک انسان در جامعه عقب مانده حتی با ۲۰۰ لیتر هم می‌تواند زندگی کند [کامکار روحانی، ۸۲].

حال باید به دنبال راهی برای دست یابی به آب شرب با کیفیت مطلوب باشیم. حفر چاه مستلزم صرف هزینه گزافی است، لذا باید قبل از آن مناسب ترین مکان را یافت تا بتوان در کمترین عمق به بالاترین میزان آب دست یافت.

در مقایسه با روش‌های حفاری و یا بسیاری از دیگر روش‌های اکتشاف آب، روش ژئوالکتریک

باعث کاهش قابل توجه هزینه‌ها می‌شود. این روش، ضمن بررسی و اکتشاف آب‌های زیرزمینی در محدوده‌ای وسیع با هزینه‌ای بسیار کمتر نسبت به روش‌های حفاری، اطلاعات پیوسته و دقیقی در مقایسه با برنامه‌های حفاری فراهم می‌آید.

روش‌های ژئوالکتریک از جمله روش‌های غیر مخرب و غیر تهاجمی است، که به کمک آن می‌توان گستره وسیعی از اطلاعات را بدست آورد. از آن‌جا که به کمک روش ژئوالکتریک، می‌توان گسترش فضایی وضعیت آب‌های یک منطقه و مسیر عبور آن‌ها، ساختارهای مهم زمین‌شناسی، ضخامت لایه‌ها، و عمق سطح آب و عمق کف سفره در نقاط مختلف را تعیین نمود؛ این روش به عنوان روشی سریع، کم‌هزینه و با کارایی بالا برای بررسی و اکتشاف آب‌های زیرزمینی در محدوده میامی جنوبی واقع در جنوب‌شرق شهر شاهرود پیشنهاد شد.

۱-۲- روش تحقیق

برای ایجاد ارتباط بین نتایج تفسیر داده‌های مقاومت‌ویژه بدست آمده از سونداژهای الکتریکی و پارامترهای هیدرولوژیکی بدست آمده از چاه‌های آب، دو هدف عمده دنبال می‌شود. اولین هدف، تفسیر داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی صحرایی و بدست آوردن عمق، ضخامت و مقاومت‌ویژه حقیقی لایه‌های موجود در زیر هر سونداژ و تعیین عمق تقریبی آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه و هدف دوم، ایجاد ارتباط بین نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی و پارامترهای هیدرولوژیکی بدست آمده از چاه‌های آب موجود در منطقه مورد مطالعه. با تعمیم این رابطه در کل منطقه عملیاتی، می‌توان با اجرای سونداژهای الکتریکی و تعیین خواص الکتریکی لایه‌های آبدار (موجود در زیر سطح زمین در محل هر سونداژ) در نقاط فاقد چاه در منطقه مورد نظر، پارامترهای هیدرولوژیکی لایه‌ها را به طور تقریبی تخمین زد. به این ترتیب، از صرف هزینه‌های هنگفت حفر چاه نقاط فاقد چاه جلوگیری به عمل می‌آید. لازم به ذکر است که هر چه تعداد چاه‌های مشاهده‌ای در منطقه بیشتر باشد، تخمین بدست آمده از این طریق، به واقعیت نزدیک‌تر است.

۳-۱- ضرورت و هدف از مطالعه حاضر

می‌دانیم اطلاع از پارامترهای هیدرولوژیکی آبخوان، ما را در تعیین کیفیت آب آن یاری می‌دهد. به‌طور معمول برای اندازه‌گیری این پارامترها، حفر چاه‌های آب در منطقه ضروری می‌باشد. اما با توجه به وقت و هزینه‌های لازم برای حفر چاه در منطقه مطالعاتی، امروزه سعی می‌شود از طریق برداشت داده‌های سونداژ مقاومت‌ویژه الکتریکی در مجاورت چاه‌های آب و تعیین ارتباط بین نتایج تفسیر این داده‌ها با پارامترهای هیدرولوژیکی بدست آمده از این چاه‌ها و تعمیم این رابطه در کل منطقه، مقادیر تقریبی این پارامترها در نقاط فاقد چاه از منطقه بدست آید.

در این پایان‌نامه سعی بر آن است که با تفسیر داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی بدست آمده از سونداژهای الکتریکی اجرا شده در مجاورت چاه‌های آب موجود در منطقه، ارتباط منطقی و قابل قبولی را بین نتایج تفسیر یک‌بعدی این داده‌ها و پارامترهای هیدرولوژیکی بدست آمده از چاه‌های مذکور برقرار شود.

۴-۱- ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه مشتمل بر شش فصل می‌باشد. در فصل اول به بیان کلیات پرداخته، در فصل دوم، تحت عنوان زمین‌شناسی منطقه و عملیات صحرایی، مشخصات عمومی منطقه مورد مطالعه و نحوه اجرای سونداژهای الکتریکی قائم تشریح شده است. در فصل سوم، تحت عنوان مدل‌سازی و تفسیر یک‌بعدی داده‌های مقاومت‌ویژه برداشت شده، نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ الکتریکی با استفاده از منحنی‌های استاندارد (تفسیر دستی) و نرم‌افزارهای VES و IXID آورده شده است. در فصل چهارم، تحت عنوان مدل‌سازی و تفسیر دوبعدی داده‌های سونداژ الکتریکی و نقشه‌های هم‌مقاومت‌ویژه ظاهری، با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV تصویر عمومی از تغییرات مقاومت‌ویژه الکتریکی در منطقه مطالعاتی ترسیم شده است. در فصل پنجم، به تعیین رابطه‌ای بین نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ برداشت شده در مجاورت چاه‌های آب و پارامترهای هیدرولوژیکی بدست

آمده از این چاه‌ها (با استفاده از روش رگرسیون) پرداخته شده است. در فصل ششم، به بیان نتیجه-گیری‌های صورت گرفته و ارائه پیشنهاداتی به منظور مطالعات دقیق‌تر و گسترده‌تر در منطقه پرداخته شده است.

۱-۵- بررسی‌های ژئوالکتریکی (مقاومت‌ویژه)

۱-۵-۱- مقدمه

روش‌های مقاومت‌ویژه سطحی از سال ۱۹۶۰ به صورت روزمره توسط مهندسين و هیدرولوژیست‌ها برای بدست آوردن اطلاعات کمی آبخوان^۱ شامل آبدهی ویژه^۲، هدایت هیدرولیکی^۳ و ضریب قابلیت انتقال^۴ استفاده شده است. روش‌های ژئوفیزیکی بخصوص روش مقاومت‌ویژه الکتریکی، می‌توانند با مشخص نمودن میزان توسعه آبخوان و تعیین ساختارهای زمین‌شناسی و بدست آوردن رابطه‌ای اساسی بین پارامترهای ژئوفیزیکی و هیدروژئولوژیکی محیط آبخوان، به منظور افزایش اطمینان در مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی استفاده شوند [Asfahani, 2007].

۱-۵-۲- روش‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی^۵

این روش‌ها مقاومت‌ویژه الکتریکی زمین را از طریق وارد کردن جریان الکتریکی مستقیم به داخل آن و تعیین پتانسیل الکتریکی تولید شده در سطح زمین، اندازه‌گیری می‌کنند. با استفاده از این روش‌ها، خصوصیات الکتریکی زمین و به تبع آن، ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه را می‌توان استنباط نمود [Corvallis, 2000].

^۱ Aquifer

^۲ Specific Yield

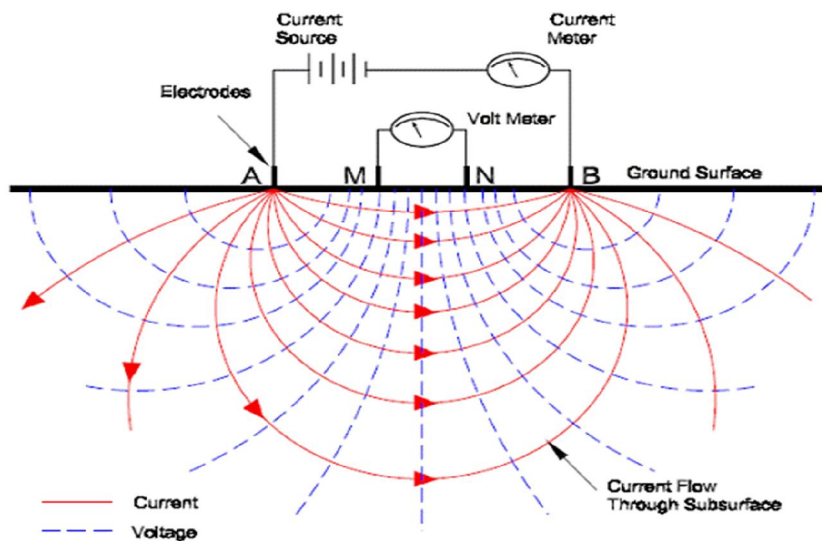
^۳ Hydraulic Conductivity

^۴ Transmissivity

^۵ Resistivity methods

۱-۵-۳- اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی زمین

شکل ۱-۱ یک نمودار شماتیک است که اصول اندازه‌گیری‌های مقاومت ویژه مستقیم را نشان می‌دهد. دو عدد الکتروود کوتاه فلزی که الکتروود جریان نامیده می‌شوند (الکتروودهای A و B) و در حدود ۳۰ سانتی‌متر داخل زمین قرار گرفته‌اند، جریان الکتریکی را به داخل زمین تزریق می‌کنند. دو الکتروود دیگر که الکتروود پتانسیل نامیده می‌شوند (الکتروودهای M و N)، برای اندازه‌گیری ولتاژ یا پتانسیل الکتریکی تولید شده در اثر شارش جریان الکتریکی در داخل زمین استفاده می‌شوند [Corvallis, 2000].



شکل ۱-۱- چگونگی اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی زمین در روش ژئوالکتریک [Corvallis, 2000].

جریان الکتریکی توسط دو الکتروود جریان با فواصل الکتروودی مختلف که نسبت به یک نقطه مرکزی تقارن دارند، به زمین فرستاده شده و پتانسیل الکتریکی حاصل توسط دو الکتروود پتانسیل اندازه‌گیری می‌شود. برای هر آرایش الکتروودی با الکتروودهای جریان A و B و الکتروودهای پتانسیل M و N، مقاومت ویژه ظاهری^۱ به صورت زیر تعریف می‌شود:

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

^۱ Apparent Resistivity

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

در زمین های همگن^۱ و همسانگرد^۲، مقاومت ویژه بدست آمده از این معادله، ثابت و مستقل از فاصله الکتروودی و موقعیت الکترودها در سطح زمین است. در این حالت، مقاومت ویژه بدست آمده، 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].

۱-۵-۴- سونداژزنی مقاومت ویژه

به منظور آشنایی با روش اندازه گیری مورد استفاده در این پایان نامه، در زیر به شرح مختصری از آن می پردازیم:

روش سونداژزنی الکتریکی شامل تزریق جریان الکتریکی به زمین توسط یک جفت الکتروود جریان (الکترودهای A و B شکل ۱-۲) و در همان حال، اندازه گیری اختلاف پتانسیل در سطح زمین توسط یک جفت الکتروود پتانسیل (الکترودهای M و N شکل ۱-۲) می باشد. در آرایش شکل ۱-۲ که آرایش متقارن شولمبرژه^۴ نامیده می شود، جفت الکترودهای (A , B) و (M , N) هم محور و نسبت به مرکز آرایش متقارن می باشند. در این آرایش برای تمام فاصله های AB باید داشته باشیم:

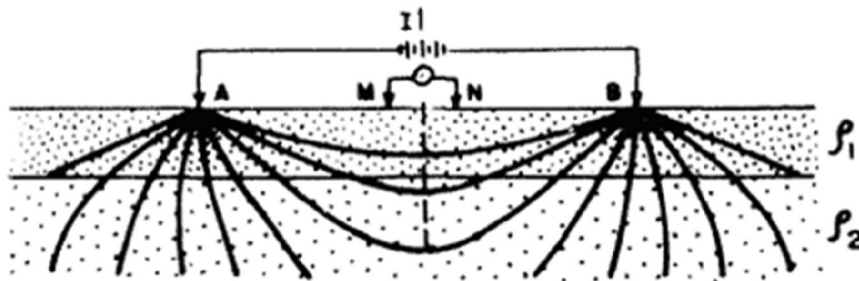
$$AB \geq 5MN \quad [Asfahani, 2007]$$

^۱ Homogeneous

^۲ Isotropic

^۳ True Resistivity

^۴ Schlumberger



شکل ۱-۲- خطوط جریان و سطوح هم‌پتانسیل الکتریکی برای آرایش الکترودی متقارن شولمبرژه [Zonge Engineering, 1994].

در این آرایش، مقاومت‌ویژه ظاهری با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\rho_a = \pi \frac{a^2 - b^2}{2b} \frac{\Delta V}{I} \quad (۲-۱)$$

در رابطه فوق داریم: $a = AB/2$ و $b = MN/2$

فاصله نقطه مرکزی آرایش از هر کدام از الکترودهای جریان، اصطلاحاً فاصله الکترودی نامیده و با $AB/2$ نشان داده می‌شود. با افزایش فاصله الکترودی، جریان الکتریکی به عمق بیشتری از زمین نفوذ می‌کند. از تفسیر داده‌های مقاومت‌ویژه ظاهری برای عمق‌های نفوذ مختلف، می‌توان به لایه-بندی‌های زیرزمینی و بی‌هنجاری‌های موجود در آن‌ها پی برد و مقاومت‌ویژه واقعی آن‌ها را بدست آورد. به این ترتیب، از دیدگاه نظری می‌توان لایه‌بندی زیرسطحی را از طریق اندازه‌گیری مقاومت‌ویژه الکتریکی در سطح زمین بدست آورد. روش فوق را سونداژزنی الکتریکی^۲ می‌نامند. 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 اندازه-

^۱ Inhomogeneity
^۲ Electrical Sounding

گیری‌های 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 ناهمگنی^۱ های عمیق موجود در داخل زمین قرار می‌گیرد [Corvallis, 2000].

۱-۵-۵- ارائه داده‌های سونداژزنی مقاومت‌ویژه

اطلاعات و نکاتی که در سونداژزنی ژئوالکتریک ثبت می‌گردند عبارتند از:

متغیر مستقل: فاصله الکترودی،

متغیر وابسته: مقاومت‌ویژه ظاهری (ρ_a)،

اطلاعات کمکی: نوع آرایش الکترودی، آزمون خط برداشت، موقعیت مرکز الکترو [Ginzburg, 1976].

معمولاً هنگام جابجا کردن الکترودهای فواصل دور، زمان لازم برای محاسبه و رسم مقادیر مقاومت‌ویژه ظاهری وجود دارد. در همه حالت‌ها، تأخیرهای کوتاه بسیار بهتر از تحویل سریع نتایج غیر قابل تفسیر می‌باشد.

به کمک کاغذهای شفاف، می‌توان تفسیر ساده‌ای را با استفاده از منحنی‌های استاندارد^۲ دولایه‌ای انجام داد. بهترین راه برای انجام تفسیر درست و بدست آوردن نتایج قابل اطمینان، انجام تطبیق جزء به جزء^۳ می‌باشد. به این منظور، از منحنی‌های کمکی^۴ برای تعیین محل‌های مناسب مبدأ منحنی دولایه‌ای که به قسمت‌های بعدی منحنی صحرایی منطبق می‌گردد، استفاده می‌شود. روش تطبیق جزء به جزء، روش اصلی تفسیر تا سال ۱۹۸۰ بوده است. پس از آن، برنامه‌های کامپیوتری امکان تهیه نتایج قابل اعتمادتری را فراهم آورده است [Mooney, 1980].

^۱ Master Curves

^۲ Partial Curve Matching

^۳ Auxiliary Curves

۱-۵-۶- پارامترهای ژئوالکتریکی

یک مقطع زمین‌شناسی کلاً با یک مقطع ژئوالکتریک فرق دارد. مرز بین لایه‌های مختلف زمین‌شناسی ممکن است منطبق با مرز لایه‌های ژئوالکتریک باشد و یا نباشد. برای نمونه، موقعی که شوری آب زیرزمینی در یک نوع سنگ و یا رسوب معین (که از نظر لیتولوژیکی همگن می‌باشد) با عمق تغییر کند، چند لایه ژئوالکتریک ممکن است در داخل آن قابل تشخیص باشند. عکس این حالت موقعی است که چند لایه با لیتولوژی و یا سن متفاوت (یا هر دو حالت)، ممکن است مقاومت‌ویژه یکسانی داشته باشند و تشکیل یک لایه ژئوالکتریک را بدهند. بنابراین یک لایه ژئوالکتریک توسط دو پارامتر اساسی، یکی مقاومت‌ویژه ظاهری (ρ_a) و دیگری ضخامت (h) قابل توصیف می‌باشد [کلاگری، ۱۳۷۱].

۱-۵-۷- مقاومت‌ویژه الکتریکی سنگ‌ها

در بیشتر سنگ‌ها هدایت جریان الکتریسیته به صورت الکتریکی توسط محلول‌های موجود در خلل و فرج سنگ‌ها و بین دانه‌ها صورت می‌گیرد. پس مقاومت‌ویژه الکتریکی سنگ‌ها غالباً متأثر از تخلخل و نفوذپذیری، آب موجود در سنگ‌ها و میزان شوری یا ترکیب املاح آب کنترل می‌شوند. لذا کانی‌های تشکیل دهنده سنگ‌ها و ماتریکس آن‌ها سهم چندانی در هدایت الکتریسیته ندارند. اما در اعماق زیاد، در اثر افزایش فشار لیتواستاتیک تمامی خلل و فرج سنگ‌ها بسته شده و هدایت الکتریکی بیشتر توسط دانه‌ها و ماتریکس سنگ صورت می‌گیرد.

دامنه تغییرات مقاومت‌ویژه سنگ‌ها و کانی‌ها بسیار وسیع می‌باشد. به عنوان مثال مقاومت‌ویژه گرافیت 10^{-6} اهم‌متر و مقاومت‌ویژه کوارتزیت خشک حدود 10^{12} اهم‌متر می‌باشد. هیچ نوع خواص فیزیکی دیگر را در سنگ‌ها و خاک‌ها نمی‌توان یافت که تا این حد متغیر باشد. سنگ‌ها و کانی‌های دارای مقاومت‌ویژه 10^{-1} - 10^{-6} اهم‌متر هادی‌های خوب، دارای مقاومت‌ویژه 10^6 - 10^1 هادی‌های متوسط و دارای مقاومت‌ویژه 10^{15} - 10^7 را هادی‌های بد می‌گویند.

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 سفره‌های 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 - توفان‌های آتش فشان	۲۰-۱۰۰۰۰
لاوا	۳۰۰-۱۰۰۰۰
شیست گرافیتی	۰.۵-۵
شیست آرژیلیتی یا تخریب شده	۱۰۰-۳۰۰

از آن چه گفته شد می‌توان دریافت که مقاومت ویژه در سازندها، گستره وسیعی دارند و این نه تنها از یک سازند به سازند دیگر، بلکه حتی در یک نهشته خاص نیز صدق می‌کند و به خصوص در مورد مواد غیرمترکم نزدیک به سطح زمین نیز صادق است. مثلاً ماسه می‌تواند تغییراتی در تخلخل و درجه اشباع نشان دهد، که ممکن است سبب شود مقاومت ویژه آن در فاصله خیلی کوتاهی به طور قابل توجه تغییر کند. لذا هیچ‌گونه همبستگی دقیقی بین سنگ‌شناسی و مقاومت ویژه وجود ندارد. با وجود این در کل، ترتیب زیاد شدن مقاومت ویژه در سنگ‌های اشباع از آب به این صورت است: رس، ماسه و شن، سنگ آهک و سنگ‌های بلورین.

سازندهایی که حاوی آب بدون املاح (آب شیرین) باشند، مقاومت ویژه تقریباً بالایی از خود نشان می‌دهند؛ مثل شن و یا ماسه حاوی آب.

ارتباط بین آب سازند و مقاومت ویژه آن خطی نیست. برای مثال ممکن است مقاومت ویژه به مقدار خیلی کمی افزایش یابد؛ وقتی که درجه اشباع آب از اشباع کامل تا اشباع ۴۰ یا ۶۰ درصد کاهش یابد. اما برای اشباع ۴۰ درصد به پایین مقاومت ویژه خیلی سریع تر افزایش پیدا می کند. مساله دیگر حضور کانی های رسی می باشد، که تمایل دارند مقاومت ویژه را کاهش دهند و این به سه دلیل است:

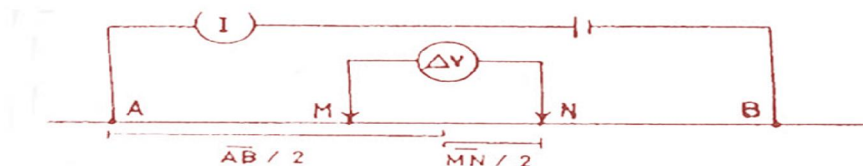
- ۱) کانی های رسی با آب ترکیب می شوند و آب زیادی را در خود جای می دهند.
 - ۲) کانی های رسی می توانند کاتیون ها (یون های مثبت) را در سطح خود جذب کنند.
 - ۳) کانی های رسی تمایل دارند یونیزه شوند و به حالت یون های آزاد برسند (سهمی در عرضه یون های آزاد داشته باشند).
- به طور کلی سنگ های آذرین و دگرگونی مقاومت ویژه بالایی از خود نشان می دهند و سنگ های رسوبی مقاومت ویژه پایین یا متوسط دارند نواحی آبدار مقاومت ویژه کمتر، نواحی خشک مقاومت ویژه بالا و نواحی خیلی خشک مقاومت ویژه خیلی بالا دارند.
- آب شیرین مقاومت ویژه حدود ۱ تا ۱۰۰ اهم متر، آب باران بین ۳۰ تا ۱۰۰۰ اهم متر و یخ مقاومت ویژه ای بین 10^5 تا 10^8 اهم متر دارند.
- رسوبات سفت شده مقاومت ویژه بین ۱۰ تا ۱۰۰۰ اهم متر و رسوبات سفت نشده بین ۱ تا ۱۰۰ اهم متر دارند.

۱-۶- آرایش های الکترودی مورد استفاده در روش مقاومت ویژه

درباره طرز قرار گرفتن و فاصله الکترودها، آرایش های الکترودی مختلفی پیشنهاد شده است. هر یک از این آرایش ها ویژگی ها و مزایای خاص خود را دارند. معمول ترین آرایش های الکترودی عبارتند از:

۱-۶-۱- آرایش شلومبرژه^۱

این آرایش بطور گسترده در اکتشافات الکتریکی استفاده می‌شود. چهار الکترود B,N,M,A در طول یک خط راست، در روی سطح زمین و به ترتیبی که در شکل زیر دیده می‌شود قرار می‌گیرند. در این آرایش فاصله الکترودهای فرستنده حداقل ۵ برابر فاصله الکترودهای پتانسیل از هم دیگر است.



شکل ۱-۳- شمایی از نحوه چیدمان الکترودها در آرایش الکترودی متقارن شلومبرژه [Levanon, Ginzburg, 1997]

ضریب آرایش الکترودی این آرایش از رابطه (۷-۱) محاسبه می‌شود:

$$K_s = \frac{\left(\frac{AB}{2}\right)^2 - \left(\frac{MN}{2}\right)^2}{MN} \quad (۷-۱)$$

مقاومت‌ویژه الکتریکی با استفاده از آرایش شلومبرژه مطابق رابطه (۸-۱) بدست می‌آید:

$$\rho = K_s * \frac{\Delta V}{I} \quad (۸-۱)$$

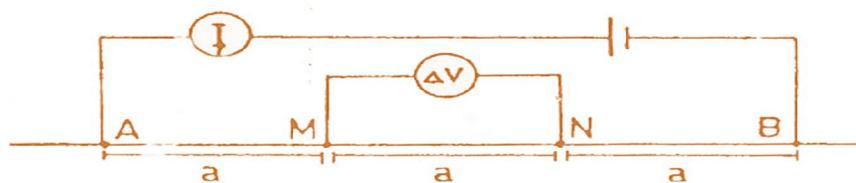
۱-۶-۲- آرایش وئر

در این آرایش چهار الکترود B,N,M,A در روی زمین در طول یک خط راست طوری قرار می‌گیرند که طول‌های NB,MN,AM برابر یکدیگر (a) باشند در این روش مقدار مقاومت‌ویژه الکتریکی از رابطه (۹-۱) بدست می‌آید:

$$p_{aw} = k_w \frac{\Delta v}{I} \quad (۹-۱)$$

که در این رابطه مقدار $K_w = 2\pi a$ است.

^۱ Schlumberger



شکل ۱-۳- شمایی از نحوه چیدمان الکترودها در آرایش وئر [Levanon, Ginzburg, 1997]

۱-۶-۳- محاسن آرایش شلومبرژه

چون الکترودهای پتانسیل حداقل برای چندین طول AB ثابت مانده و جابجا نمی‌شوند، در نتیجه در زمان و مصرف کابل و سایر لوازم صرفه‌جویی می‌شود و با این ترتیب تأثیر تغییرات جانبی مقاومت مخصوص را به‌طور قابل ملاحظه‌ای می‌توان حذف و در نهایت حدودی اندازه‌گیری کرد. به این ترتیب بهتر می‌توان تغییرات سطحی و جانبی مقاومت مخصوص را از تغییرات عمقی آن تفکیک نمود. به عنوان مثال اگر الکترودهای M, N روی قسمت‌های مقاوم و یا هادی‌تری نسبت به تشکیلات اطراف قرار گیرند؛ منحنی سونداژ الکتریکی بدون این‌که تغییر شکل بدهند، به سمت بالا یا پایین تغییر مکان می‌دهند. و چون MN در آرایش وئر بزرگ‌تر از MN در آرایش شلومبرژه می‌باشد، اختلاف پتانسیل اندازه‌گیری شده در این آرایش بزرگ‌تر و دقت اندازه‌گیری بیشتر می‌باشد. از معایب روش شلومبرژه این است که در این آرایش مقادیر ΔV کوچک‌تر است و لذا برای اندازه‌گیری دقیق در این آرایش احتیاج به دستگاه‌های با حساسیت بالاست و علاوه بر آن امکان افزایش خطا نسبت به آرایش وئر بیشتر است. در روش وئر چون نسبت فاصله الکترودهای MN نسبت به AB ثابت و برابر $\frac{1}{3}$ آن است؛ محاسبه مقاومت ویژه ظاهری بسیار ساده می‌شود و به دلیل بزرگ‌تر بودن MN در این روش ΔV بزرگ‌تری هم بدست می‌آید، که دقت بیشتری هم دارد. لذا برای آرایش وئر معمولاً مقادیر کمتری جریان (I) لازم است. از طرفی به علت بزرگ بودن فاصله MN اثر جریان‌های تلوریک روی مقادیر اندازه‌گیری شده با این آرایش بیشتر از آرایش شلومبرژه می‌باشد.

در آرایش شلومبرژه تکنیک‌های تعبیر و تفسیر به صورت گسترده‌تری پیشرفت داشته است. یکی از مزایای آرایش شلومبرژه این است که می‌توان در یک طول ثابت AB مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی

را برای دو 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 پی‌برد و آن‌ها را از تغییرات عمقی مقاومت‌ویژه تفکیک نمود [حجت، ۱۳۸۲].

۱-۶-۴- مقایسه آرایش‌های ونر و شلومبرژه

در هر دو آرایش الکترودها نسبت به وسط آرایش متقارن هستند، یعنی دو الکترو پتانسیل در یک فاصله در طرفین مرکز طول فرستنده AB قرار دارند و مرکز تقارن خط فرستنده جریان و خط گیرنده پتانسیل یک نقطه است، و طول MN در هر دو آرایش کوچکتر از طول فرستنده است، یعنی با ثابت نگه داشتن مرکز تقارن آرایش در روش سونداژزنی به تدریج طول AB را افزایش می‌یابد؛ با این تفاوت که در آرایش شلومبرژه می‌توان به تدریج AB را زیاد کرد؛ ولی این افزایش هر بار به اندازه $\sqrt{2}$ برابر مقدار قبلی باشد و می‌توان برای چندین بار افزایش AB، طول MN را ثابت نگاه داشت. البته تا زمانی که اندازه ΔV آنقدر کوچک نشود که قادر به اندازه‌گیری ΔV نباشیم، اما در آرایش ونر $MN = \frac{AB}{3}$ در نتیجه هر بار تغییر طول AB باید MN طوری تغییر کند که طول MN برابر $\frac{1}{3}$ طول AB شود [حجت، ۱۳۸۲].

۱-۷- تجزیه، تحلیل و تفسیر داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی

۱-۷-۱- مقاومت‌ویژه ظاهری

مقادیر قرائت شده توسط دستگاه‌ها (جریان و ولتاژ) یا نسبت ولتاژ به جریان که همان مقاومت الکتریکی می‌باشد، معمولاً به مقادیر مقاومت‌ویژه ظاهری تبدیل می‌شوند. مقاومت‌ویژه ظاهری در واقع مقاومت‌ویژه نیم‌فضای همگنی است که پاسخ دستگاهی مشاهده شده را به ازای فواصل الکترودی معین، نشان می‌دهد. مقاومت‌ویژه ظاهری، یک میانگین وزنی از مقاومت‌ویژه خاک‌ها و

سنگ‌های محدوده عمقی تحت بررسی می‌باشد. برای داده‌های سونداژ مقاومت‌ویژه، یک نمودار که دارای دو محور لگاریتمی شامل مقاومت‌ویژه ظاهری به ازای فاصله الکترودی است، ترسیم می‌گردد که اصطلاحاً منحنی سونداژ الکتریکی نامیده می‌شود [Asfahani, 2007].

نتیجه نهایی برداشت‌های مقاومت‌ویژه مستقیم، معمولاً یک مقطع عرضی ژئوالکتریکی^۱ است که مقاومت‌ویژه و ضخامت لایه‌ها یا واحدهای ژئوالکتریکی را نشان می‌دهد. اگر داده‌های چاه‌پیمایی یا مدل زمین‌شناسی منطقه در دست باشند، آنگاه از ترکیب مدل زمین‌شناسی و مقطع ژئوالکتریکی می‌توان برای تشخیص حد اطمینان^۲ اندازه‌گیری‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی استفاده کرد. یک مقطع ژئوالکتریکی دو بعدی ممکن است از ترکیب یک سری سونداژهای الکتریکی یک بعدی ایجاد شود و یا این که یک مقطع عرضی دو بعدی به هم پیوسته و یک پارچه باشد. نوع مقطع ژئوالکتریکی تولید شده، به نحوه بدست آوردن پارامترها و نوع پردازش صورت گرفته بر روی داده‌ها بستگی دارد [Asfahani, 2007].

۱-۷-۲- مدل سازی^۳

داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی معمولاً از طریق فرآیند مدل‌سازی تعبیر و تفسیر کمی می‌شوند، در نتیجه مدل‌سازی، ابتدا یک مدل آزمون از زمین به همراه مقادیر مقاومت‌ویژه آن (مقطع ژئوالکتریکی) در نظر گرفته می‌شود. سپس مقادیر تئوری مقاومت‌ویژه ظاهری آن مدل محاسبه می‌گردد. در مرحله بعد، این پاسخ تئوری با پاسخ صحرائی، مشاهده شده، مقایسه می‌گردد و اختلافات موجود بین این دو، مورد توجه قرار می‌گیرد. سپس مدل، زمینی، آزمون، آن قدر تعدیل می‌شود تا بیشترین برازش^۴ با داده‌های مشاهده شده ایجاد شود و در نهایت این مدل، آزمون، تعدیل یافته، به عنوان مدل نهایی که نتیجه تفسیر است، برگزیده می‌شود. هنگامی که این فرآیند، تکرار، به صورت

^۱ Geoelectric Cross Section

^۲ Level of Confidence

^۳ Modelling

^۴ Fitting

اتوماتیک انجام شود، اصطلاحاً معکوس سازی تکراری^۱ نامیده می شود [Asfahani,2007].

۱-۷-۳- یکتایی^۲

مدل های مقاومت ویژه الکتریکی معمولاً یکتا نیستند. تعداد زیادی از مدل های زمینی می توانند داده های مشاهده ای یا نمودارهای سونداز مشابهی را تولید کنند. معمولاً روش های مقاومت ویژه الکتریکی، مقاومت عرضی^۳ یا هدایت افقی^۴ لایه یا واحد چینه شناسی را مد نظر قرار می دهند که هر دو عامل، تابعی از مقاومت ویژه و ضخامت لایه ها می باشند. بنابراین لایه های ضخیم با مقاومت ویژه کم و لایه های نازک با مقاومت ویژه زیاد، ممکن است پاسخ مشابهی را تولید کنند. این پدیده اصطلاحاً اصل هم ارزی^۵ نامیده می شود. ایجاد قیدهایی بر روی مدل مذکور، می تواند تعبیر و تفسیر را ساده تر نماید [Asfahani,2007].

۱-۸- مفاهیم و اصطلاحات هیدروژئولوژی

برای یافتن محلی مناسب برای حفر چاه می بایست یک سری پارامترهای مهم را بررسی نمود. مانند تخلخل، اگر سفره آب نزدیک سطح زمین بوده ولی تخلخلش پایین باشد مناسب نیست چون حجم ذخیره آب پایینی دارد و همچنین هدایت هیدرولیکی که عامل مهم آبدهی چاه می باشد و می بایست از یک حد نرمال بالاتر باشد. لذا می بایست با روش های ژئوالکتریک این پارامترها را که بستگی به جنس لایه های زیرین دارد مورد بررسی قرار دهیم.

برای درک بهتر مطالب موجود، لازم است در مورد برخی از مفاهیم هیدروژئولوژی توضیحات مختصری ارائه گردد:

۱-۸-۱- تقسیم بندی سازندهای زمین شناسی از نظر آب شناسی (بر اساس

^۱Iterative Inversion

^۲Uniqueness

^۳Traverse Resistance

^۴Horizontal Conductance

^۵Principle of Equivalence

نفوذپذیری

الف) آبخوان یا سفره آب: تشکیلاتی هستند که نفوذپذیری بالا و قابلیت ذخیره و انتقال آب را دارند مانند سنگ آهک و ماسه سنگ.

ب) اکتارد (سفره نیمه تراوا): قابلیت ذخیره آب را دارند ولی مقدار انتقال آب آن‌ها کمتر است و نیمه تراوا هستند. مانند ماسه‌های رسی که می‌توانند به عنوان یک منبع ذخیره آب در بالای آبخوان باشند.

ج) سفره ناتراوا: سازندهایی که گرچه حاوی مقداری آب هستند اما آبدهی بسیار ناچیزی دارند. را در بر می‌گیرند مثل رس که به عنوان سنگ کف در بسیاری از حوضه‌های رسوبی به حساب می‌آید.

د) آبگریز^۱ یا مناطق بی‌آب: نه حاوی آب هستند و نه قابلیت انتقال آب را دارند مانند توده سنگ آذرین هوازده نشده [مدنی، ۱۳۸۶].

۱-۸-۲- تخلخل کل یا مطلق^۲

نسبت حجم کلیه فضاهای خالی موجود در سنگ را به حجم کل آن، تخلخل کل یا مطلق می‌نامند. به عبارت دیگر:

$$\emptyset = \frac{V_{\emptyset}}{V_t} \times 100 \quad (۱۰-۱)$$

در این رابطه $V_{\emptyset}$ حجم فضاهای خالی موجود در سنگ، V_t حجم کل سنگ و $\emptyset$ تخلخل کل یا مطلق (بر حسب درصد) می‌باشد [Milson, 1989].

^۱Aquifuge
^۲Total Porosity

۳-۸-۱- هدایت هیدرولیکی

هدایت هیدرولیکی (K) عبارت است از مقدار جریان به واحد سطح مقطع تحت تأثیر شیب. این کمیت دارای واحد سرعت بوده و معمولاً در عمل برحسب متر بر روز (گاهی سانتی‌متر بر ثانیه یا متر بر دقیقه یا واحدهای دیگر سرعت) بیان می‌شود [Domenico, Schwartz, 1998].

مقادیر عددی تخلخل و هدایت هیدرولیکی برای انواع مختلف خاک‌ها و سنگ‌ها در جدول ۲-۱ آورده شده است [Domenico, Schwartz, 1998].

جدول ۲-۱- مقادیر عددی تخلخل و هدایت هیدرولیکی برای انواع مختلف خاک‌ها و سنگ‌ها [Domenico, Schwartz, 1998].

لیتولوژی	تخلخل (در صد)	هدایت هیدرولیکی (سانتی‌متر بر ثانیه)
گراول	۲۵-۴۰	$10^{-2} - 10^{-2}$
ماسه	۲۵-۵۰	$10^{-4} - 10^{-4}$
سیلت	۳۵-۵۰	$10^{-7} - 10^{-3}$
رس	۴۰-۷۰	$10^{-10} - 10^{-7}$
رسوبات یخچالی	۱۰-۲۰	$10^{-10} - 10^{-4}$
بازالت‌های شکسته شده	۵-۵۰	$10^{-5} - 10^{-5}$
سنگ آهک کارستی	۵-۵۰	$10^{-4} - 10^{-4}$
ماسه سنگ	۵-۳۰	$10^{-8} - 10^{-4}$
سنگ آهک، دولومیت	۰-۲۰	$10^{-7} - 10^{-4}$
شیل	۰-۱۰	$10^{-11} - 10^{-7}$
سنگ‌های بلورین شکسته شده	۰-۱۰	$10^{-7} - 10^{-2}$
سنگ‌های بلورین متراکم	۰-۵	$10^{-12} - 10^{-8}$

۴-۸-۱- ضریب مقاومت سازند تمیز^۱ و ارتباط آن با تخلخل

به سازندی که فاقد مواد رسی (شیلی و مارنی) باشد، سازند تمیز اطلاق می‌شود. فرض کنید چاهی از میان سازند تمیز عبور کرده باشد، در این صورت ضریب مقاومت ویژه سازند یا فاکتور سازندی توسط رابطه (۱۱-۱) بیان می‌شود [مرادزاده و قوامی ریایی، ۱۳۸۶].

^۱Clean Formation

$$F = \frac{R_o}{R_w} \quad (11-1)$$

در این رابطه R_o مقاومت ویژه کل سازند تمیز، R_w مقاومت ویژه آب داخل سازند و F ضریب مقاومت ویژه سازند یا فاکتور سازندی می باشد. ارتباط ضریب مقاومت ویژه سازند با تخلخل، به وسیله رابطه (۱۲-۱) که اولین بار توسط آرچی^۱ بیان گردید، تعریف می شود:

$$F = \frac{a}{\phi^m} \quad (12-1)$$

در این رابطه a ضریب ثابتی است که تابعی از جنس سنگ و پیچاپیچی مسیر حرکت سیال می باشد و m ضریب سیمان شدگی^۲ است. در این معادله، مقدار کمیت a در محدوده ۰/۶۲ - ۲/۴۵ و مقدار کمیت m در محدوده ۱/۰۸ - ۲/۱۵ تغییر می کند [مرادزاده و قوامی ریایی، ۱۳۸۶].

۹-۱- خواص فیزیکوشیمیایی آب های زیرزمینی

آب یکی از مهم ترین موادی است که به صورت فراوان در طبیعت یافت می شود. در بین مایعات از نظر فراوانی از حلال های جهانی محسوب می شود و بیشترین کشش سطحی، گرمای نهان تبخیر و به استثنای آمونیوم بیشترین قدرت پخش حرارت را دارد. بر خلاف دیگر مواد، آب وقتی منبسط می شود یا در فشار و حرارت پایین منجمد می گردد، این خواص در ارتباط با ساختمان مولکولی آن می باشد [صدقت، ۱۳۸۵].

۱-۹-۱- خواص فیزیکوشیمیایی مرتبط با کیفیت آب

این پارامترها بیشتر در صحرا (سر چاه) اندازه گیری می شوند. اندازه گیری های سر چاه به خاطر ارزیابی سریع و برای کنترل اندازه گیری های آزمایشگاهی به کار می روند. از طرفی شرایط فیزیکی نمونه ممکن است طی زمان حمل تا آزمایشگاه تغییر کرده باشد. تغییراتی که بیشتر اتفاق می افتد عبارت است از تغییرات شیمیایی کربنات ها که موجب رسوب کانی های کربناته می گردد [صدقت،

^۱ Archie
^۲ Cementation Factor

[۱۳۸۵].

۱-۹-۲- درجه حرارت آب

اندازه‌گیری درجه حرارت در سر چاه برای محاسبات ترمودینامیکی در رابطه با شیمی آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین درجه حرارت می‌تواند از دیگر خواص هیدرولیکی آب و خواص مقاومت‌ویژه آن خبر دهد و یا در ارتباط با آن‌ها باشد [صدقت، ۱۳۸۵].

۱-۹-۳- هدایت الکتریکی (EC)^۱ آب

مواد تجزیه شده به صورت یونی در آب قادرند در اثر پتانسیل الکتریکی حرکت کنند. بنابراین با وارد کردن جریان الکتریکی به محلول می‌توان مقدار هدایت الکتریکی آن را اندازه‌گیری نمود. توانایی محلول برای هدایت جریان، تابعی از غلظت یون‌ها و مقدار حرکت در آن تحت تأثیر پتانسیل ایجاد شده می‌باشد. هدایت الکتریکی دارای واحد زیمنس بر متر (S/m) و در عمل معمولاً میکروزیمنس (میکروموس) بر سانتی‌متر ($\mu\text{S}/\text{cm}$) می‌باشد. هدایت الکتریکی ساده‌ترین و اقتصادی‌ترین پارامتر شیمیایی مقابل اندازه‌گیری آب است.

مقدار هدایت الکتریکی متأثر از درجه حرارت مایع می‌باشد و با افزایش درجه حرارت افزایش می‌یابد و لازم است که هدایت الکتریکی توأم با درجه حرارت اندازه‌گیری شده بیان شود. وقتی مقدار غلظت یون‌ها نسبت به واحد حجم محلول افزایش می‌یابد، رابطه بین غلظت یونی و هدایت الکتریکی برای محلول رقیق به صورت خطی است.

علاوه بر این، آب‌های طبیعی انواع مختلفی از یون‌های باردار و ترکیبات غیر باردار را شامل می‌شود و لذا تعیین هدایت الکتریکی می‌تواند یک تخمین کاملاً دقیق از غلظت یونی و یا کل مواد حل شده باشد، ولی در کل می‌توان گفت که هدایت الکتریکی متناسب با کل مواد جامد حل شده

^۱ Electrical Conductivity

یا T.D.S.^۱ (که معمولاً برحسب واحد میلی گرم بر لیتر بیان می شود) می باشد طبق رابطه (۱۳-۱) [صداقت، ۱۳۸۵].

$$T.D.S = K_e \times EC \quad (۱۳-۱)$$

در این رابطه T.D.S برحسب 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 بایستی برای هر منطقه عملیاتی مشخص گردد [صداقت، ۱۳۸۵].

۱-۹-۴- تعیین مقدار کل مواد جامد حل شده

مقدار T.D.S در آب های زیرزمینی با وزن کردن مقدار مواد جامد باقی مانده از تبخیر حجم معینی نمونه که از صافی عبور داده شده ، بدست می آید. مواد جامد باقی مانده از تبخیر معمولاً از مقدار زیادی کانی^۲ و مقدار کمی مواد آلی^۳ تشکیل شده است. ساده ترین روش برای تقسیم بندی آب از نظر کیفی بر اساس مقدار T.D.S انجام می گیرد. برای مثال اگر آبی شامل بیش از ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی گرم بر لیتر T.D.S باشد، برای خوردن مناسب نیست [صداقت، ۱۳۸۵].

جدول ۱-۳- مقادیر عددی مقاومت ویژه، هدایت ویژه و شوری برای انواع مختلف آب ها [Bernard, 2003]

شوری	هدایت ویژه	مقاومت ویژه	نوع آب
(میکروگرم بر لیتر)	(میکروزیمنس بر سانتی متر)	(اهم متر)	
۳۵	۵۰	۲۰۰	خیلی شیرین
۳۵۰	۵۰۰	۲۰	شیرین
۷۰۰	۱۰۰۰	۱۰	شور
۲۱۰۰۰	۳۰۰۰۰	۰/۳	خیلی شور

^۲ Total Dissolved Solid

^۱ Mineral

^۳ Organic

۱-۹-۵- منشأ شوری در آب‌های زیرزمینی

آب‌های زیرزمینی شوری را از واکنش با موادی که در داخل و یا از کنار آن جریان می‌یابند، بدست می‌آورند. منابع مختلفی که باعث شوری این آب‌ها می‌شوند عبارتند از [باقری، ۱۳۸۶]:

(الف) شوری حاصل از انحلال سفره

(ب) آب‌های برگشتی کشاورزی

(ج) فعالیت‌های انسانی و توسعه شهری

(د) شوری در ارتباط با ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی [باقری، ۱۳۸۶].

۱-۱۰- روش‌های الکتریکی به منظور مطالعه آب‌های زیرزمینی

آب‌های زیرزمینی به خاطر نمک‌ها و یون‌های محلولی که دارند، از نظر یونی هادی می‌باشند، در نتیجه اندازه‌گیری مقاومت‌ویژه زمین، امکان تشخیص حضور آب‌های زیرزمینی را با در نظر گرفتن موارد زیر فراهم می‌سازد:

(الف) سنگ سخت فاقد تخلخل و شکستگی و یا ماسه‌سنگ خشک فاقد آب یا رس، مقاومت‌ویژه خیلی بالایی دارد، که می‌تواند تا چندین ده هزار اهم متر باشد.

(ب) سنگ متخلخل یا شکسته شده حاوی آب آزاد، دارای مقاومت‌ویژه‌ای است که مقدار آن به مقدار مقاومت‌ویژه آب محتوی و تخلخل سنگ بستگی دارد و مقدار مقاومت‌ویژه آن از چندین ده تا چندین هزار اهم متر می‌تواند متغیر باشد.

(ج) لایه رسی نفوذ ناپذیر، اگر حاوی آب محصور باشد، مقاومت‌ویژه پایینی دارد معمولاً از چند اهم‌متر تا چندین ده اهم‌متر.

(د) کانسارهایی مثل آهن، سولفیدها و غیره به علت هدایت الکتریکی بالا، مقادیر مقاومت‌ویژه پایینی دارند. این مقاومت‌ویژه معمولاً کمتر یا خیلی کمتر از یک اهم‌متر می‌باشد [Bernard, 2003].

روش‌های مقاومت‌ویژه را می‌توان هم در روش پروفیل‌زنی برای به نقشه درآوردن تغییرات جانبی

و تشخیص کنتاکت‌ها (مانند گسل‌ها و دایک‌ها) و رخساره‌های ^۱ قائم یا زون‌های شکسته شده و هم در روش سونداژزنی (مثلاً سونداژزنی شلومبرژه) برای تشخیص عمق افق‌های ژئوالکتریکی (مثلاً عمق لایه‌های زمین‌شناسی و آب‌های زیرزمینی) به کار برد [Seaton and Burbey, 2002].

در جدول ۵-۱ گستره تغییرات مقاومت‌ویژه الکتریکی بعضی از رسوبات و سنگ‌های رسوبی آورده شده است.

جدول ۱-۴- گستره تغییرات مقاومت‌ویژه الکتریکی بعضی از رسوبات و سنگ‌های رسوبی [Mooney, 1980].

نوع سنگ یا مواد	گستره تغییرات مقاومت‌ویژه (اهم- متر)
شیل‌های مستحکم	$20 - 2 \times 10^3$
آرژیلیت‌ها	$10 - 8 \times 10^2$
کنگلومراها	$2 \times 10^3 - 10^4$
ماسه‌سنگ‌ها	$1 - 6/4 \times 10^4$
سنگ‌های آهکی	$50 - 10^7$
دولومیت‌ها	$3/5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
رس‌های مرطوب نامستحکم	۲۰
مارن‌ها	۳-۷۰
رس‌ها	۱-۱۰۰
آبرفت‌ها و ماسه‌ها	۱۰-۸۰۰
ماسه‌های حاوی نفت	۴-۸۰۰

مقاومت‌ویژه الکتریکی خاک‌ها و سنگ‌ها با دیگر ویژگی‌های آن‌ها که مورد توجه زمین‌شناسان، آب‌شناسان و مهندسين ژئوتکنیک می‌باشند، مرتبط است. پارامترهای زمین‌شناسی دیگری که بر روی مقاومت‌ویژه الکتریکی تأثیر می‌گذارند عبارتند از:

الف) محتوای رس ^۲

ب) رسانندگی یا هدایت‌ویژه آب‌های زیرزمینی

ج) تخلخل خاک یا مجموعه سازند

د) درجه اشباع آب [Mooney, 1980].

^۱ Facies
^۲ Clay Content

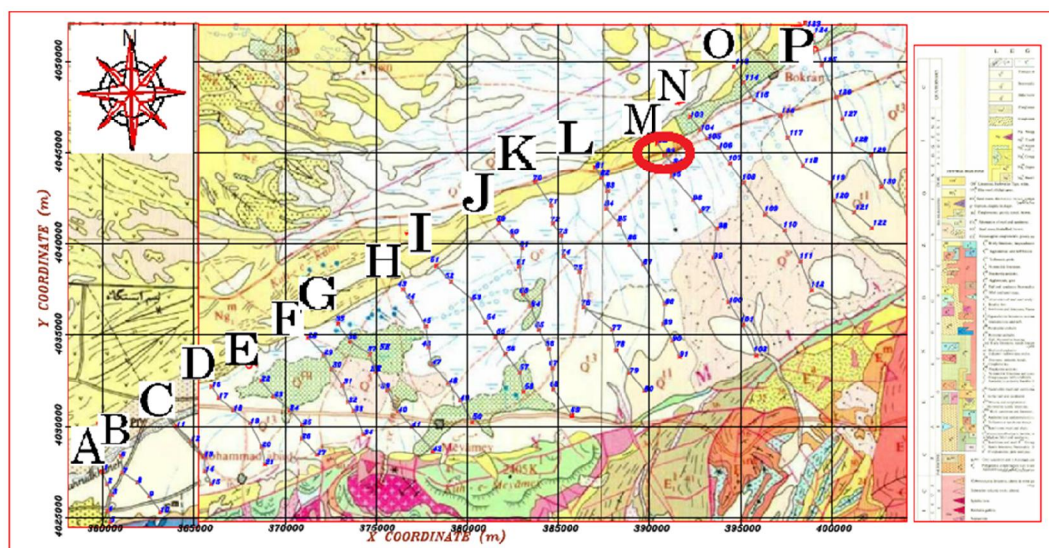
فصل دوم

زمین شناسی منطقه و عملیات صحرائی

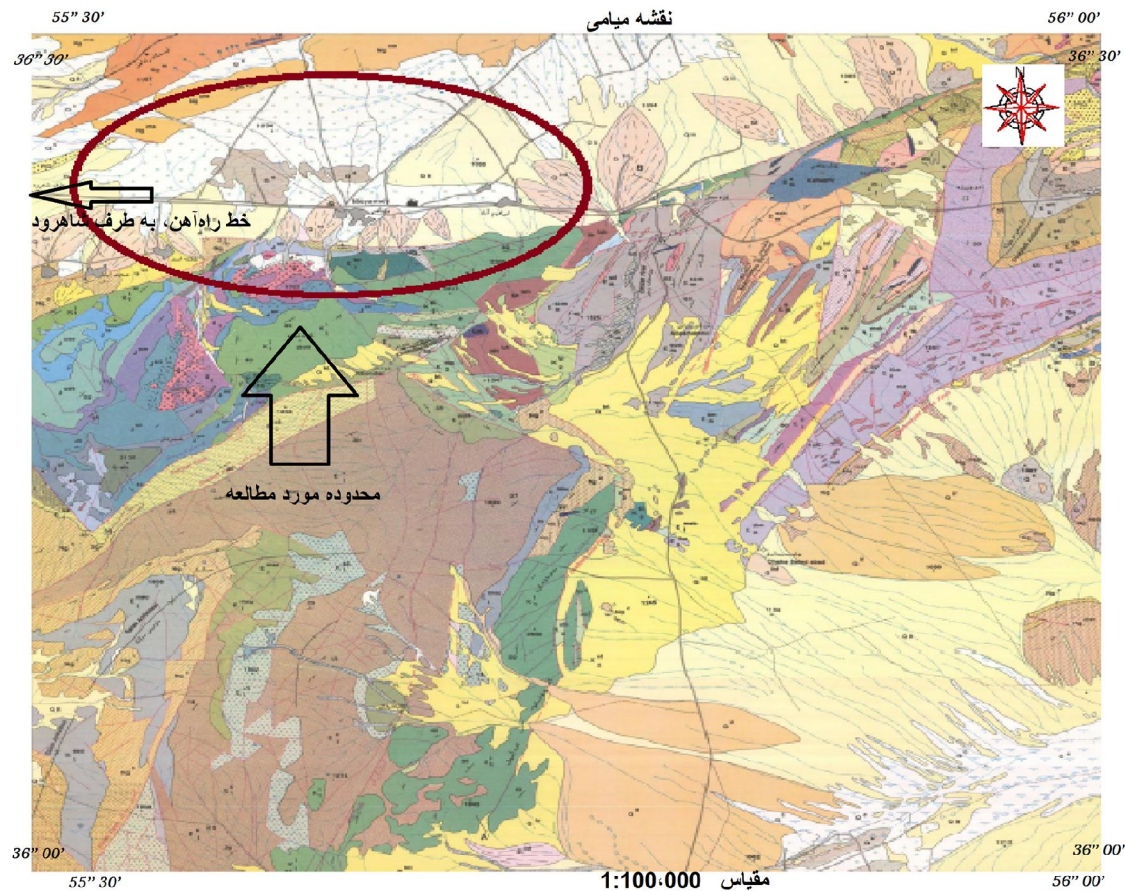
۲-۱- گزارش زمین‌شناسی منطقه میامی جنوبی

مطالعات ژئوفیزیکی دشت میامی جنوبی بر اساس قرارداد منعقد شده بین شرکت سهامی آب منطقه‌ای سمنان و شرکت زمین‌کاوگستر (وابسته به جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران) انجام شده است. این مطالعات که به منظور بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی و زمین‌ساختی تشکیلات، تفکیک مرز بین آب‌های شور و شیرین زیرزمینی، تفکیک و برآورد ضخامت لایه‌ها و تعیین موقعیت بی‌هنجاری‌ها در محدوده دشت‌های مذکور صورت گرفته، با استفاده از روش مقاومت‌سنجی الکتریکی (ژئوالکتریک) انجام شده است [سازمان آب منطقه‌ای سمنان، ۱۳۹۰].

نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی به همراه موقعیت سونداژها در شکل ۲-۱ قابل مشاهده است.



شکل ۲-۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی به همراه موقعیت سونداژها



شکل ۲-۲- نقشه میامی و موقعیت منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی میامی جنوبی بخشی از برگه ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی جاجرم می‌باشد. هرچند تعدادی از سونداژهای برداشت شده، در برگه زمین‌شناسی گرگان واقع شده‌اند. عملیات مقاومت‌سنجی الکتریکی (ژئوالکتریک) با برداشت ۱۳۰ سونداژ الکتریکی با آرایه الکترودی شلومبرژه در امتداد ۱۶ پروفیل و با حداکثر طول فرستنده جریان ۱۰۰۰ متر انجام شده است. بر روی نقشه زمین‌شناسی محدوده میامی جنوبی (شکل ۱-۲) سونداژهای ژئوالکتریک برداشت شده نیز پیاده شده است [سازمان آب منطقه‌ای سمنان، ۱۳۹۰].

بنا به اطلاعات حاصله از سازمان زمین‌شناسی ایران مهمترین واحدهای تشکیل‌دهنده آن عبارتند

از:

- ۱-Qt1: از واحدهای دوران کواترنری می‌باشد که از پادگانه‌های قدیمی تشکیل شده است.
- ۲-Q_{PL}^C: از واحدهای دوران کواترنری می‌باشد که از کنگلومراهای سخت نشده و به رنگ قهوه‌ای

تشکیل شده است.

۳-Qc: از واحدهای دوران کواترنری می‌باشد که از کفه‌های رسی تشکیل شده است.

۴-Qt3: از واحدهای دوران کواترنری می‌باشد که از پادگانه‌های جوان و دشتهای آبرفتی

تشکیل شده است.

۵-Qt2: از واحدهای دوران کواترنری می‌باشد که از پادگانه‌های با سطح متوسط تشکیل شده

است.

۶-Qal: از واحدهای دوران کواترنری می‌باشد که از آبرفت‌های بستر رودخانه‌ای تشکیل شده

است.

۷-Ng^m₁: از واحدهای دوران نئوژن می‌باشد که از مارن‌های گچ‌دار همراه با لایه‌های گچی

تشکیل شده است.

۸-K¹: این واحد یکی از واحدهای دوران کرتاسه پایینی می‌باشد که از آهک‌های ضخیم لایه تا

توده‌ای به رنگ خاکستری تیره تشکیل شده است.

۹-g₁: این واحد یکی از واحدهای دوره قبل از لیاس و بعد از دوگر می‌باشد که از گرانیت،

گرانودیوریت و آپلیت تشکیل شده است.

۱۰-E¹₁: این واحد یکی از واحدهای دوران ائوسن می‌باشد که از آهک ارگانودتریتیک نومولیت‌دار

تشکیل شده است.

همچنین در مورد زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه موارد ذیل را نیز می‌توان افزود.

امتداد عمومی کوه‌زایی‌ها در محدوده دشت میامی جنوبی دارای جهت جنوب‌غربی - شمال‌شرقی

بوده و شیب لایه‌بندی در جهت عمود بر آن یعنی شمال غربی - جنوب شرقی می‌باشد. کوه‌های کنی

در شمال و قبله و میامی در جنوب، دشت میامی جنوبی را در بر گرفته‌اند [سازمان زمین‌شناسی ایران].

۲-۲- دستگاه‌ها و تجهیزات مورد استفاده

در عملیات صحرایی ژئوالکتریک محدوده مطالعاتی، اندازه‌گیری‌ها با استفاده از دو دستگاه مدل SAS300 ساخت شرکت سوئدی ABEM انجام شده است. این دستگاه قابلیت اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل حداقل ۱۰ میکرو ولت با دقت ۱ میکرو ولت را داشته و اندازه‌گیری نسبت اختلاف پتانسیل به شدت جریان الکتریکی ($\frac{\Delta V}{I}$) در آن با دقت ۰/۰۵ میلی‌اهم انجام می‌گیرد. در این دستگاه پتانسیل الکتریکی زمین به صورت نرم‌افزاری و با ارسال جریان الکتریکی پله‌ای که جهت آن به طور متناوب تغییر می‌کند، حذف می‌شود [سازمان آب منطقه‌ای سمنان، ۱۳۹۰].

نمایی از دستگاه‌های مذکور در شکل ۲-۲ قابل مشاهده است.



شکل ۲-۳- دستگاه‌های اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل [سازمان آب منطقه‌ای سمنان، ۱۳۹۰]

۲-۳- موقعیت جغرافیایی خطوط برداشت منطقه میامی جنوبی

پس از انجام مطالعات اولیه و بازدید مقدماتی از منطقه مطالعاتی توسط مهندسین مشاور، نقاط اجرای سونداژهای الکتریکی با فواصل معلوم، بر روی خطوط برداشتی که در جهت شمالی-غربی-جنوبی شرقی طراحی شده‌اند، مشخص شد. عموماً سعی شده است که فاصله سونداژها بر روی خطوط برداشت مذکور، حدود ۵۰۰ متر باشد، اما بر روی بعضی از خطوط برداشت، به دلیل مشکلات عملیاتی مختلف (پوشش گیاهی، شرایط نامساعد و توپوگراف)، فاصله سونداژها به بیشتر یا کمتر از این مقدار

نیز تغییر کرده است. مختصات U.T.M نقاط اجرای این سونداژها در پیوست (پیوست ب) ارائه شده است.

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

جدول ۱-۲ موقعیت جغرافیایی پروفیل‌های برداشت شده منطقه میامی جنوبی

طول پروفیل	فاصله تقریبی سونداژها	تعداد سونداژها	امتداد پروفیل	نام پروفیل
2891	607-887	5	NW-SE	A
3917	906-1054	5	NW-SE	B
3831	778-1119	5	NW-SE	C
5348	722-1439	6	NW-SE	D
5289	767-1218	6	NW-SE	E
4790	580-1395	7	NW-SE	F
8850	1020-1755	8	NW-SE	G
8351	815-1547	8	NW-SE	H
8556	973-1489	8	NW-SE	I
11766	775-1756	11	NW-SE	J
13516	794-1559	11	NW-SE	K
11682	670-2488	11	NW-SE	L
13331	645-2565	11	NW-SE	M
11771	613-2112	10	NW-SE	N
12191	1009-1762	10	NW-SE	O
10189	804-1950	8	NW-SE	P

فصل سوم

مدل سازی و تفسیر یک بعدی داده های مقاومت ویژه

برداشت شده

۳-۱- مقدمه

آن چه در این مبحث بیشتر مورد توجه قرار گرفته است، جنبه تعبیر و تفسیر فیزیکی مسئله است. بدیهی است که اطلاعات حاصل مانند هر روش دیگر ژئوفیزیکی باید با اطلاعات زمین شناسی مقایسه و بر اساس آن تعبیر شود. بنابراین یک تعبیر و تفسیر کامل از یک طرف به تجربه و تبحر کافی در مسائل ژئوالکتریک دارد و از طرف دیگر مستلزم آن است که اطلاعات جامعی از زمین شناسی منطقه مورد مطالعه وجود داشته باشد.

۳-۲- تعبیر و تفسیر کیفی سونداژهای الکتریکی

معمولا نتایج سونداژهای الکتریکی را طوری ارائه می نمایند که ρ_a تابعی از فاصله الکترودی یا طول آرایه (برای مثال $\frac{AB}{2}$ در سونداژهای الکتریکی برداشت شده با آرایش شلومبرژه) بوده و نمودار حاصل را نیز در سیستم 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 این منحنی است. وجود هر ماکزیمم یا مینیمم برای طبقات افقی می تواند معرف وجود یک لایه با مقاومت ویژه متفاوت باشد. البته باید در نظر داشت که این 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 طبقات مجاورش باشد. مسئله قابل اهمیت در این مورد شناخت منحنی های سونداژ الکتریکی برای تشکیلات مختلف است. برای افراد با تجربه تغییر شیب منحنی، شاخه های بالارونده و پایین رونده منحنی و مسائلی از این قبیل می تواند هر یک شامل اطلاعات کیفی روی تغییرات مقاومت ویژه در یک

منطقه باشد [حجت، ۱۳۸۲].

۳-۳- تعبیر و تفسیر کمی سونداژهای الکتریکی

مجموعه وسیعی از منحنی های استاندارد (آباک ها) برای طبقات افقی دو تا چهار لایه ای تهیه شده اند. این منحنی ها به صورت گروه هایی طبقه بندی شده اند و در نتیجه می توان به راحتی، منحنی های استاندارد را که مشابه منحنی سونداژ الکتریکی بدست آمده می باشند، مشخص نمود و مشخصات لایه های مربوط به سونداژ مذکور را تعیین کرد. برای این که یک منحنی سونداژ الکتریکی، منحصرأ مربوط به طبقات افقی باشد، باید شرایط زیر برای آن صادق 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 کوچک تر باشد (این مقدار تقریباً برابر با نسبت ۲ در مقیاس لگاریتمی انتخاب شده است) [Mooney, 1980].
در خصوص شیب قسمت پایین رونده منحنی سونداژ الکتریکی و شعاع انحنای آن در نزدیکی نقطه مینیمم، محدودیت هایی مانند قسمت های ۱ و ۲ و حتی شدیدتر وجود دارد [Mooney, 1980].

بعد از مشخص شدن این که منحنی سونداژ الکتریکی مربوط به طبقات افقی می باشد، تعیین مشخصات لایه سطحی به سادگی امکان پذیر است. برای این کار می توان از منحنی های استاندارد (برای دو لایه) استفاده نمود. بجانب منحنی برای مقادیر اندک فاصله الکترودی، مشخص کننده مقاومت ویژه لایه اول است؛ اما برای تعیین مشخصات این لایه، منحنی آن لایه بر منحنی استاندارد مربوطه منطبق می 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 می آید. طول این نقطه معادل ضخامت و عرض آن معادل مقاومت ویژه لایه اول می باشد [Mooney, 1980].

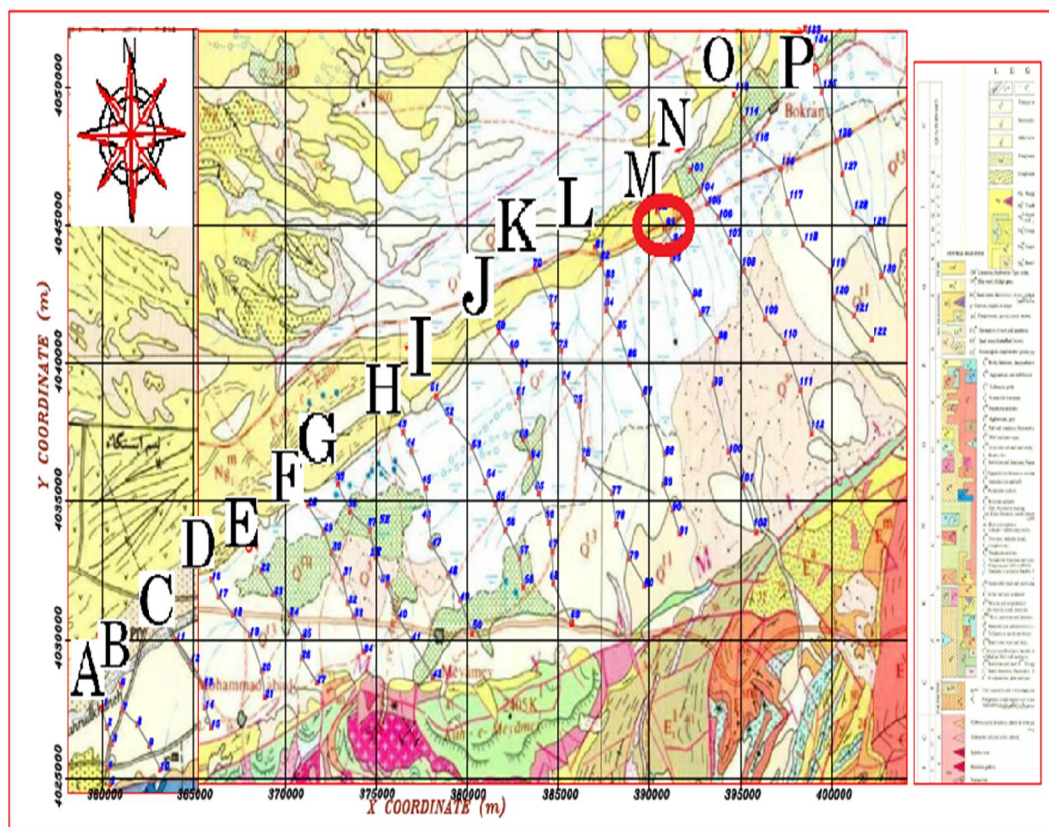
برای تعیین مشخصات لایه دوم، در صورتی که زمین مورد مطالعه فقط از دو لایه تشکیل شده باشد (ضخامت لایه دوم بی نهایت زیاد باشد)، منحنی سونداژ الکتریکی به سمت مقاومت ویژه حقیقی لایه دوم مجانب می شود. در صورت وجود بیش از دو لایه، حتی اگر تباین مقاومت ویژه لایه دوم با لایه های اول و سوم زیاد باشد، منحنی سونداژ الکتریکی به مقدار حقیقی مقاومت ویژه لایه دوم نمی رسد. در این حالت، با استفاده از منحنی های کمکی و با تطبیق جزء به جزء آن ها با منحنی سونداژ الکتریکی، می توان مشخصات لایه ها را به راحتی تعیین نمود [Reynolds, 1997].

یک منحنی سونداژ الکتریکی ممکن است چندین پاسخ هم ارز داشته باشد؛ لذا وظیفه متخصصین ژئوفیزیک، انتخاب نتیجه ای است که بهترین تطابق را با ساختارهای زمین شناسی و هیدروژئولوژیکی شناخته شده در منطقه دارد. راه دیگر برای انتخاب نتیجه مناسب، مقایسه پاسخ هر سونداژ با سونداژ مجاور است. باید امکان وصل کردن نشانه های یک لایه در یک عمق اندازه گیری شده توسط یک سونداژ به نشانه های عمقی مربوطه در سونداژ بعدی، به نحوی که یک مقطع صحیح و منطقی (از نظر زمین شناسی) بدست آید، وجود داشته باشد. در سونداژ زنی (همانند مغزه های حفاری) می توان مرز و یا ضخامت لایه های مجاور را ثبت نمود؛ با این تفاوت که در این جا به جای سنگ شناسی، مقاومت ویژه ظاهری لایه ها ارائه می گردد [Vogelsang, 1995].

۳-۴- تفسیر سونداژهای الکتریکی برداشت شده در محدوده مورد مطالعه

در تفسیر یک بعدی داده های برداشت شده محدوده مورد مطالعه، برای بدست آوردن مقادیر مقاومت ویژه حقیقی و ضخامت لایه ها، از منحنی های استاندارد و نرم افزارهای رایانه ای مانند VES و IXID استفاده شده است. منحنی های سونداژ الکتریکی ابتدا به روش دستی و با استفاده از سرمحنی های دولایه ای و منحنی های کمکی و سپس با استفاده از نرم افزارهای رایانه ای، مورد تفسیر قرار گرفته اند. در نهایت با مقایسه نتایج بدست آمده و سایر اطلاعات موجود از منطقه، نتایج نزدیک تر به واقعیت انتخاب شده اند. در این قسمت ابتدا به طور جامع به تفسیر سونداژ M-4 پرداخته که شامل

نمایش تفسیر با استفاده از منحنی های استاندارد و نرم افزار مربوطه می باشد. تفسیر سایر سونداژها در لوح فشرده (CD) آورده شده است (پیوست ج). همچنین در لوح فشرده پیوست داده های مقاومت ویژه برای سونداژهای برداشت شده (پیوست الف) به همراه مختصات UTM ارائه شده است (پیوست ب).



شکل ۳-۱- نقشه زمین شناسی میامی جنوبی و موقعیت سونداژ M-4 [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

در این قسمت، به تفسیر سونداژ M-۴ با استفاده از منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IX1D و VES می پردازیم. داده های مقاومت ویژه سونداژ M-۴ حاصله از برداشت صحرائی در جدول ۳-۱ ارائه شده است.

جدول ۳-۱ - مقادیر مقاومت ویژه مربوط به سونداژ M-4 [سازمان آب منطقه‌ای سمنان، ۱۳۹۰]

AB/2(m)	MN/2(m)	$\rho_a(\Omega.M)$
3.16	1	7
4.64	1	8.4
6.81	1	9
10	1	8.8
10	3	8
14.7	1	8.4
14.7	3	7.5
21.5	3	7.6
31.6	3	7.8
31.6	10	6.6
46.4	3	10
46.4	10	8.4
68.1	10	10.7
68.1	30	10.5
100	10	12.3
100	30	12.1
147	30	11.9
215	30	11
316	30	11.7
464	30	14

۳-۴-۱ - نتایج تفسیر سونداژ M-4 با استفاده از منحنی‌های استاندارد و مدل پیشرو

نرم افزار IXID

ابتدا داده‌های اندازه‌گیری شده راروی کاغذ کالک لگاریتمی مشخص کرده و منحنی همواری با توجه به اصول رسم این منحنی‌ها، ترسیم می‌شود. سپس مقادیر مقاومت ویژه، ضخامت و عمق لایه‌ها ثبت می‌شوند.

حال نتایج حاصل از تفسیر با استفاده از منحنی‌های استاندارد به صورت مدل پیشرو (FORWARD) در نرم افزار IXID وارد می‌شوند. بنا به شکل ۳-۱ انطباق نسبتاً قابل قبولی بین این مدل و مدل تخمینی نرم‌افزار وجود دارد و خطای RMS ۱۵/۹۰۲ درصد برای مدل پیشرو یا اولیه بدست آمده است. اما با انجام وارون‌سازی در یک مرحله این خطا به مقدار ۸/۶۵ درصد رسیده است (شکل ۳-۲).

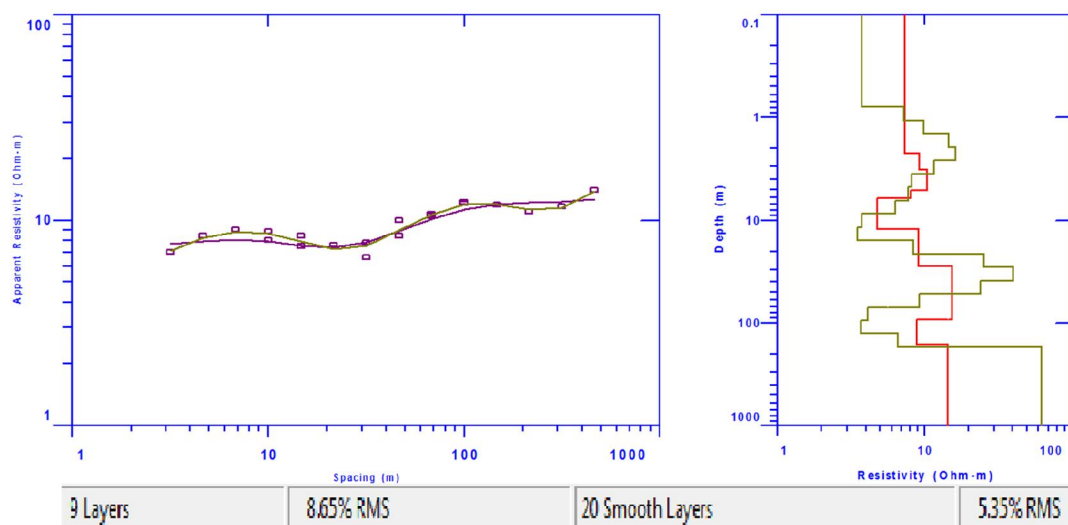
Resistivity Model

Surface Elevation: 0.0000 Fitting Error: 15.902

☐ Use Depth Instead of Thickness Units: (meters)

#	Rho	Fix?	Thick	Depth	Elev	Fix?
1	6.0000	☐	3.0000	3.0000	-3.0000	☐
2	8.0000	☐	1.0000	4.0000	-4.0000	☐
3	10.000	☐	2.0000	6.0000	-6.0000	☐
4	8.5000	☐	1.0000	7.0000	-7.0000	☐
5	7.0000	☐	6.0000	13.000	-13.000	☐
6	8.5000	☐	19.000	32.000	-32.000	☐
7	12.500	☐	68.000	100.00	-100.00	☐
8	10.000	☐	70.000	170.00	-170.00	☐
9	11.000	☐				☐
10		☐				☐
11		☐				☐
12		☐				☐

شکل ۳-۱- مدل پیشرو حاصل از نتایج تفسیر منحنی های استاندارد با خطای RMS ۱۵/۹۰۲٪



شکل ۳-۲- مدل پیشرو سونداژ M-4 در نرم افزار IXID

۳-۴-۲- نتایج تفسیر سونداژ M-4 با استفاده از منحنی های استاندارد و مدل

معکوس نرم افزار IXID

شکل ۳-۳ نتایج حاصل از وارون سازی را که به وسیله نرم افزار IXID انجام شده، نشان

می دهد. بنا به شکل ۴-۳ انطباق خوبی بین این مدل و مدل تخمینی نرم افزار وجود دارد و خطای

اندک ۵/۳۷۷٪ نیز موید همین مطلب است. اما با انجام وارون سازی در یک مرحله این خطا به مقدار ۵/۲۷٪ درصد رسیده است (شکل ۳-۴).

Resistivity Model

Surface Elevation: 0.0000 Fitting Error: 5.3771

☐ Use Depth Instead of Thickness Units: (meters)

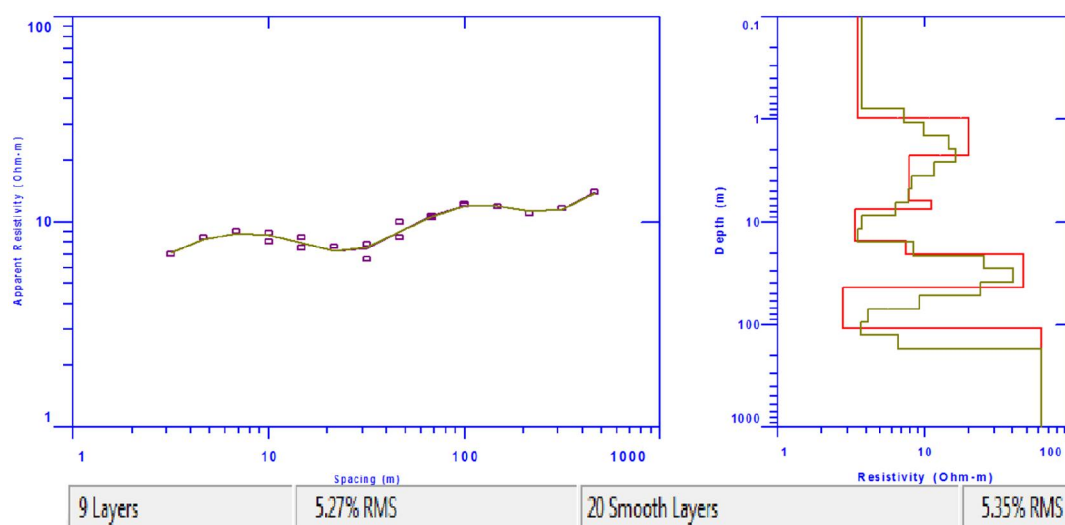
#	Rho	Fix?	Thick	Depth	Elev	Fix?
1	4.7007	☐	1.2725	1.2725	-1.2725	☐
2	14.803	☐	1.0880	2.3604	-2.3604	☐
3	11.451	☐	2.8025	5.1629	-5.1629	☐
4	9.0921	☐	1.1365	6.2994	-6.2994	☐
5	3.8960	☐	8.3768	14.676	-14.676	☐
6	7.7272	☐	7.7635	22.440	-22.440	☐
7	35.610	☐	28.551	50.991	-50.991	☐
8	3.4928	☐	74.033	125.02	-125.02	☐
9	46.991	☐				☐
10		☐				☐
11		☐				☐
12		☐				☐

Insert Cell Insert Row Column Math: Forward

Delete Cell Delete Row Add To One Iteration

OK Cancel Multiply By More Iterations

شکل ۳-۳- مدل معکوس حاصل از تفسیردستی سونداژ M-4 در نرم افزار IXID



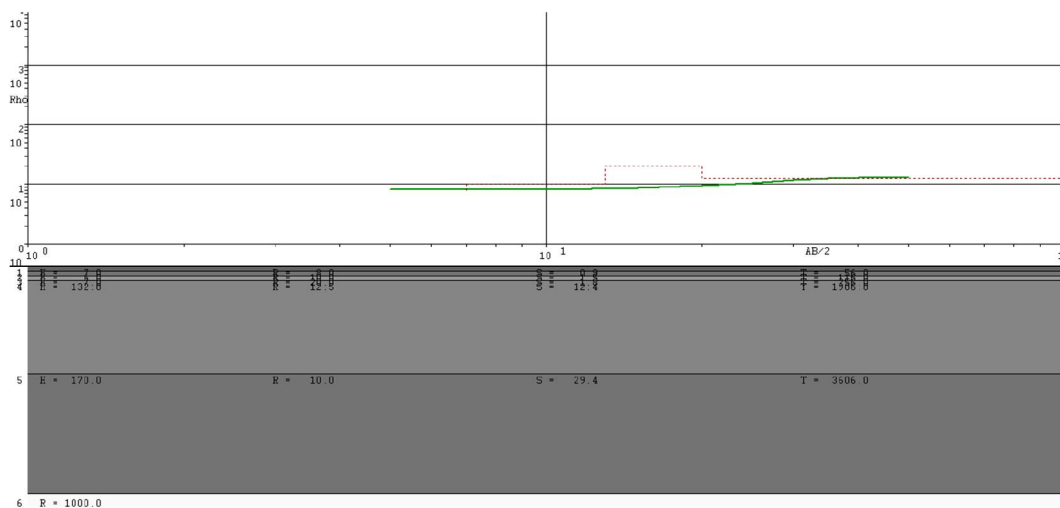
شکل ۳-۴- مدل معکوس سونداژ M-4 در نرم افزار IXID

۳-۴-۳- نتایج تفسیر با نرم افزار VES

نرم افزار VES یک نرم افزار مناسب برای مدل سازی و تفسیر داده های مقاومت ویژه است؛ که به صورت اتوماتیک، یک مدل مقاومت ویژه یک بعدی برای زیر سطح زمین، با استفاده از داده های بدست آمده از برداشت های الکتریکی صحرایی ایجاد می نماید. از این برنامه برای مدل سازی داده های حاصل از برداشت به روش های ونر، قطبی-قطبی، دو قطبی، ونر-شولمبرژه و چندین روش دیگر استفاده می شود [Telford, 1990].

نتایج حاصل از تفسیر با منحنی های استاندارد را به صورت ورودی در نرم افزار VES وارد می نماییم، پس از پردازش اطلاعات، نرم افزار مدلی منطبق با لایه های زیر سطحی در محدوده سونداژ مذکور، متشکل از ضخامت و مقاومت ویژه لایه ها ارائه می نماید.

شکل ۳-۵ خروجی نرم افزار VES را نشان می دهد. نتایج حاصله در جدول ۳-۲ درج شده است.



شکل ۳-۵- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ M-4 با نرم افزار VES

۳-۴-۴- نتیجه نهایی تفسیر یک بعدی سونداژ M-4

زمین مربوطه ۹ لایه بوده، همچنین چاه آب حاج محمد ابراهیم در محدوده این سونداژ دارای سطح آب ۳۴ متر می باشد. لذا لایه ششم به عنوان لایه آبدار تفسیر می گردد. این لایه در عمق تقریبی ۳۲ متری از سطح زمین قرار دارد و ضخامت آن ۶۸ متر برآورد گردیده است. پایین بودن

مقدار مقاومت ویژه ظاهری حاکی از وجود املاح زیاد در لایه آبدار می باشد و نیز احتمال شور بودن آب بسیار است، به این دلیل این مکان محل مناسبی جهت حفر چاه نمی باشد.

جدول ۳-۲- نتیجه نهایی تفسیر یک بعدی سونداژ M-4

منحنی استاندارد		VES		IXID	
عمق (m)	ρ (Ω . m)	عمق (m)	ρ (Ω . m)	عمق (m)	ρ (Ω . m)
3	6	3	6	1.2	4.7
4	8	4	8	2.3	14.8
6	10	6	10	5.1	11.45
7	8.5	7	8	6.2	9.09
13	7	13	7	14.6	3.9
32	8.5	31	9	22.44	7.7
100	12.5	103	13	51	35.6
170	10	172	10	125.02	3.5
	80		76		47

۳-۵- نتایج حاصل از تفسیر یک بعدی دیگر سونداژهای ژئوالکتریک در منطقه

میامی جنوبی

با توجه به مسائل بیان شده در این فصل و نتایج حاصل از تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IX1D و VES می توان این گونه نتیجه گرفت که در نقاط ابتدایی خطوط برداشت مقاومت ویژه ظاهری ثبت شده بسیار کمتر از نقاط انتهایی خطوط برداشت می باشد، که علت آن وجود سازندهای گچی و مارنی در شمال منطقه است، که باعث ایجاد آبرفت دانه ریز در حد رس شده است. آب حاصله از چاه های این ناحیه تا حدی شور بوده و از کیفیت نا مطلوبی برخوردار است. همچنین آبدهی چاه های مذکور پایین است، که به علت ریز دانه بودن آبرفت آبدار است. در جنوب منطقه میامی جنوبی وجود سازندهای آهکی و کنگلومرایی باعث تشکیل آبرفت دانه درشت در این ناحیه شده است. چاه های آب موجود در منطقه دارای آبدهی بالایی بوده و آب از کیفیت مطلوبی برخوردار است. نتایج حاصل از تفسیر یک بعدی ۱۳۰ سونداژ به طور خلاصه در جدول ۳-۳ آورده شده است.

جدول ۳-۳- نتایج حاصل از تفسیر یک بعدی سونداژهای برداشت شده منطقه میامی جنوبی

نام سونداژ	تعداد لایه	شماره لایه آبدار	مقاومت ویژه لایه آبدار ($\Omega \cdot m$)	عمق لایه آبدار (m)
A-1	9	8	300	200
A-2	10	9	320	200
A-3	12	11	150	200
A-4	10	9	270	200
A-5	9	8	70	250
B-1	12	9	100	114
B-2	15	13	70	215
B-3	11	10	85	180
B-4	10	9	58	240
B-5	13	12	75	300
C-1	12	10	95	190
C-2	12	11	260	250
C-3	11	10	62	250
C-4	9	8	100	100
C-5	8	7	120	150
D-1	11	8	160	120
D-2	10	8	170	150
D-3	12	10	120	200
D-4	12	9	90	150
D-5	10	8	100	170
D-6	10	8	120	180
E-1	11	9	100	120
E-2	9	7	150	120
E-3	10	8	110	120
E-4	12	11	150	150
E-5	17	15	80	180
E-6	13	12	120	200
F-1	10	8	100	90
F-2	10	8	40	120
F-3	13	11	75	100
F-4	12	10	70	150
F-5	10	8	250	150
F-6	9	7	270	150
F-7	9	7	300	160

ادامه جدول ۳-۳

نام سونداژ	تعداد لایه	شماره لایه آبدار	مقاومت ویژه لایه آبدار ($\Omega \cdot m$)	عمق لایه آبدار (m)
G-1	11	8	50	80
G-2	10	7	45	110
G-3	8	6	30	100
G-4	8	7	25	90
G-5	10	8	100	100
G-6	8	7	120	100
G-7	10	8	40	110
G-8	10	9	50	120
H-1	5	4	50	70
H-2	9	6	50	110
H-3	10	8	18	90
H-4	11	8	7	50
H-5	8	6	17	80
H-6	7	6	45	70
H-7	11	8	125	90
H-8	12	9	45	110
I-1	8	5	2.8	40
I-2	8	5	9.5	40
I-3	7	5	5.8	70
I-4	9	7	6.5	50
I-5	9	6	23	90
I-6	7	5	100	100
I-7	8	6	15	150
I-8	9	8	16	110
J-1	8	6	3	45
J-2	7	5	5	70
J-3	11	8	7	50
J-4	9	7	5	25
J-5	10	7	8.5	50
J-6	11	8	11.5	70
J-7	10	8	13	100
J-8	11	9	11.5	75
J-9	6	5	15	100
J-10	10	9	15	100

ادامه جدول ۳-۳

نام سونداژ	تعداد لایه	شماره لایه آبدار	مقاومت ویژه لایه آبدار ($\Omega \cdot m$)	عمق لایه آبدار (m)
J-11	9	7	300	100
K-1	9	6	23	60
K-2	9	6	4	60
K-3	13	10	3.5	60
K-4	8	6	7.5	70
K-5	8	4	.3	45
K-6	9	5	2.5	40
K-7	11	7	13	100
K-8	12	11	48	120
K-9	11	9	400	150
K-10	9	7	500	130
K-11	9	7	350	140
L-1	10	8	.6	45
L-2	8	6	3.5	55
L-3	8	6	3.8	60
L-4	9	7	5.5	70
L-5	10	7	10	80
L-6	9	7	12	75
L-7	11	9	8	50
L-8	12	9	13	85
L-9	11	9	190	85
L-10	10	8	500	80
L-11	12	10	550	85
M-1	6	4	1.5	22
M-2	9	6	1	30
M-3	11	7	3.2	60
M-4	9	6	8.5	32
M-5	9	7	5.5	55
M-6	9	7	6.5	70
M-7	11	8	27	48
M-8	12	9	12	70
M-9	9	8	25	100
M-10	9	8	50	115
M-11	10	7	23	150

ادامه جدول ۳-۳

نام سونداژ	تعداد لایه	شماره لایه آب دار	مقاومت ویژه لایه آب دار ($\Omega \cdot m$)	عمق لایه آب دار (m)
N-1	8	4	.5	30
N-2	9	4	1.5	30
N-3	9	5	9	35
N-4	9	6	13	45
N-5	11	6	6.5	35
N-6	10	6	7	45
N-7	8	6	4.2	50
N-8	8	6	10	75
N-9	10	8	12	67
N-10	9	7	14	100
O-1	6	2	3.3	9
O-2	7	2	1.3	16
O-3	9	3	5	7
O-4	10	6	10	50
O-5	9	5	10	67
O-6	8	5	28	80
O-7	9	7	19	88
O-8	11	9	60	100
O-9	7	5	40	125
O-10	8	7	40	160
P-1	11	2	8.5	6.5
P-2	9	3	4.7	5.5
P-3	10	3	5.5	13
P-4	8	3	2.8	16
P-5	10	6	13	100
P-6	10	8	15	90
P-7	10	8	19	85
P-8	10	9	40	120

فصل چهارم

مدل سازی و تفسیر دوبعدی داده های سونداژ الکتریکی و

نقشه های هم مقاومت ویژه ظاهری

۴-۱- مقدمه

در فصل قبل، نحوه تفسیر کیفی و کمی داده های سونداژ الکتریکی به طور مختصر مورد بررسی قرار گرفت. همچنین نتایج حاصل از تفسیر یک بعدی ۱۳۰ منحنی سونداژ بدست آمده از داده های صحرایی ارائه و مورد بحث قرار گرفت. در این فصل، به تفسیر دوبعدی این داده ها پرداخته و نتایج حاصل، ارائه شده است.

یکی از محدودیت های روش سونداژزنی مقاومت ویژه، عدم پاسخ مناسب آن به تغییرات افقی مقاومت ویژه الکتریکی در زیر سطح زمین است. با مدل سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی، می توان تصویر دقیق تری را از تغییرات آن، هم در امتداد قائم و هم در امتداد افقی، در طول خط بررسی تهیه نمود. در اکثر مواقع، خصوصاً در هنگام بررسی ساختارهای طویل زمین شناسی، این روش مدل سازی، روشی مناسب و منطقی می باشد [حجت، ۱۳۸۲].

برای تفسیر دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی، نقشه های هم مقاومت ویژه ظاهری به ازای طول های معینی از فاصله الکتروودی، با استفاده از نرم افزار Surfer تهیه گردیده است. همچنین با استفاده از نرم افزار RES2DINV، شبه مقاطع دوبعدی مقاومت ویژه ظاهری، در طول هر پروفیل تهیه شده و مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

۴-۲- نقشه های هم مقاومت ویژه ظاهری دشت میامی جنوبی

برای بررسی کیفی داده های صحرایی، مقادیر مقاومت ویژه ظاهری متناظر با فواصل معینی از الکترودهای فرستنده جریان به محل گمانه های الکتریکی مربوطه نسبت داده شده و نقشه هم

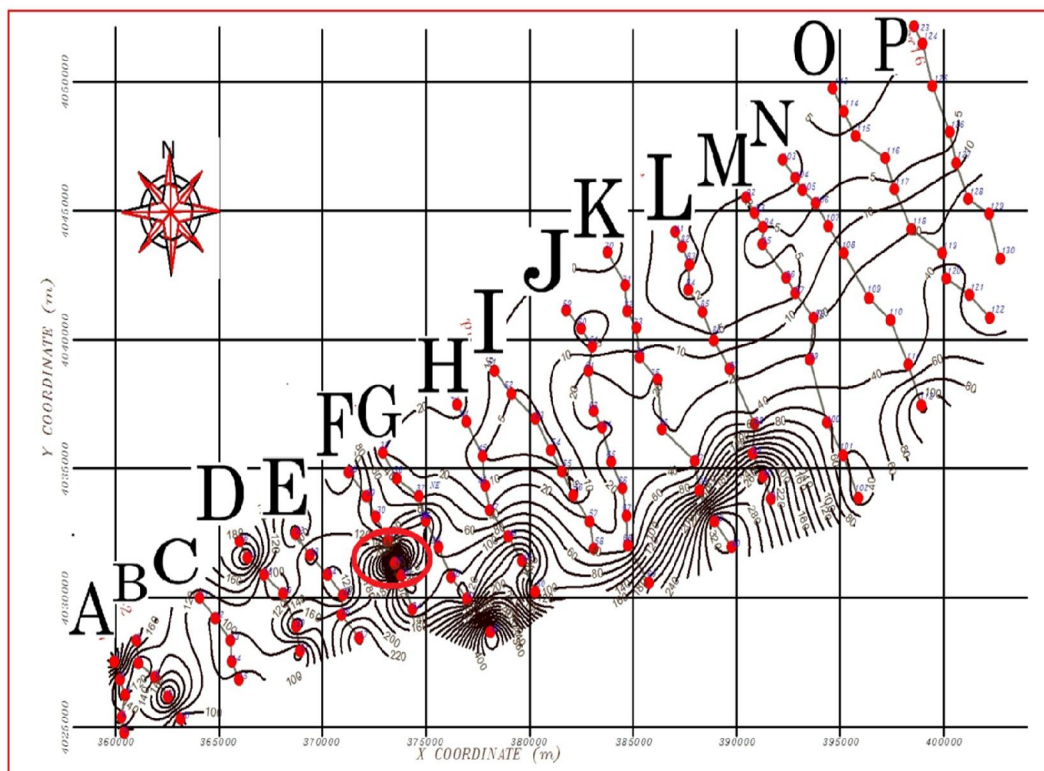
مقاومت ویژه ظاهری متناظر با فواصل ۱۴، ۳۰، ۶۳، ۱۳۶، ۲۹۴، ۴۳۰، ۶۳۲ و ۹۲۸ متر تهیه و با شماره های ۱-۴ تا ۸-۴ شماره گذاری شده است.

توضیح این که هر یک از نقشه های زیر توزیع جانبی مقادیر میانگین مقاومت ویژه الکتریکی را از سطح زمین تا عمق حدود یک چهارم فاصله الکترودهای فرستنده جریان نشان می دهد. با توجه به ابعاد و گستردگی محدوده مورد مطالعه نقشه های مقاومت ویژه ظاهری با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه و نشان داده شده است. در این قسمت تنها یک نقشه را مورد بررسی قرار می دهیم، و در لوح فشرده (CD) (پیوست د) به ارائه دیگر نقشه ها و تفسیر کیفی آنها پرداخته خواهد شد.

۴-۲-۱- نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری متناظر با فاصله ۱۴ متری الکترودهای

فرستنده جریان

شکل ۴-۱ بر اساس مقادیر مقاومت ویژه ظاهری متناظر با فاصله حدود ۱۴ متری الکترودهای فرستنده جریان تهیه شده است. این مقادیر مشخص کننده میانگین تاثیر خاک ها و آبرفت ها بر مقاومت ویژه زمین از سطح تا عمق حدود ۳/۵ متر است. تغییرات مقاومت ویژه ظاهری در این نقشه که متأثر از واحدهای هوازده سطحی است، در بازه بین ۲ تا ۴۴۰ اهم متر قرار می گیرد. منحنی های میزان در این نقشه با اختلاف های متفاوت بر حسب نحوه تغییرات آن ها ترسیم و نشان داده شده اند. با توجه به شکل مذکور مقادیر مقاومت ویژه ظاهری اغلب متأثر از واحدهای آبرفتی سطحی می باشد. آبرفت ها در بخش های غربی و جنوبی محدوده مطالعاتی دانه درشت تر از بخش های مرکزی و شمالی آن می باشند و به همین دلیل شاهد افزایش نسبتاً شدید مقادیر مقاومت ویژه ظاهری در بخش های جنوبی و غربی هستیم. وجود سازندهای اغلب گچی و مارنی در بخش های شمالی محدوده نیز موجب افزایش میزان املاح آبرفت های سطحی و نهایتاً موجب کاهش مقاومت ویژه ظاهری شده است [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰].



شکل ۴-۱- نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری متناظر با فاصله ۱۴ متری الکترودهای فرستنده جریان [سازمان آب منطقه‌ای سمنان، ۱۳۹۰]

همان‌طور که ملاحظه می‌شود در بخش‌هایی که اغلب نزدیک سازندهای آهکی یا کنگلومرایی هستند، مقاومت ویژه ظاهری از تغییرات جانبی بسیار بالایی برخوردار است. چنین تغییراتی اغلب به دلیل وجود واریزه‌های آهکی و کنگلومرایی در این نواحی می‌تواند باشد. همان‌طور که در شکل مشخص شده است در محدوده سونداژ F-۵ که بر روی شکل علامت‌گذاری شده است، بالا رفتن موضعی ابعاد دانه‌بندی آبرفت‌ها در سطح و یا تحرکات تکتونیکی، افزایش موضعی مقادیر مقاومت ویژه ظاهری را موجب شده است. به همین دلیل در این محدوده منحنی‌های میزان به شکل بسته و با تراکم بالا ترسیم و نمایش داده شده است.

۴-۳- تفسیر دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی با استفاده از

نرم افزار RES2DINV و مقاطع زمین شناسی

نرم افزار RES2DINV یک نرم افزار مناسب برای مدل سازی و تفسیر داده های مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی است؛ که به صورت اتوماتیک، یک مدل مقاومت ویژه دوبعدی برای زیر سطح زمین، با استفاده از داده های بدست آمده از برداشت های الکتریکی صحرایی ایجاد می نماید. این نرم افزار، برای مدل سازی معکوس داده های مقاومت ویژه، از روش بهینه سازی کمترین مربعات غیرخطی استفاده می نماید. از این برنامه برای مدل سازی داده های حاصل از برداشت به روش های وئر، قطبی- قطبی، قطبی- دوقطبی، وئر- شولمبرژه و دوقطبی- دوقطبی استوایی استفاده می شود [Telford, 1990].

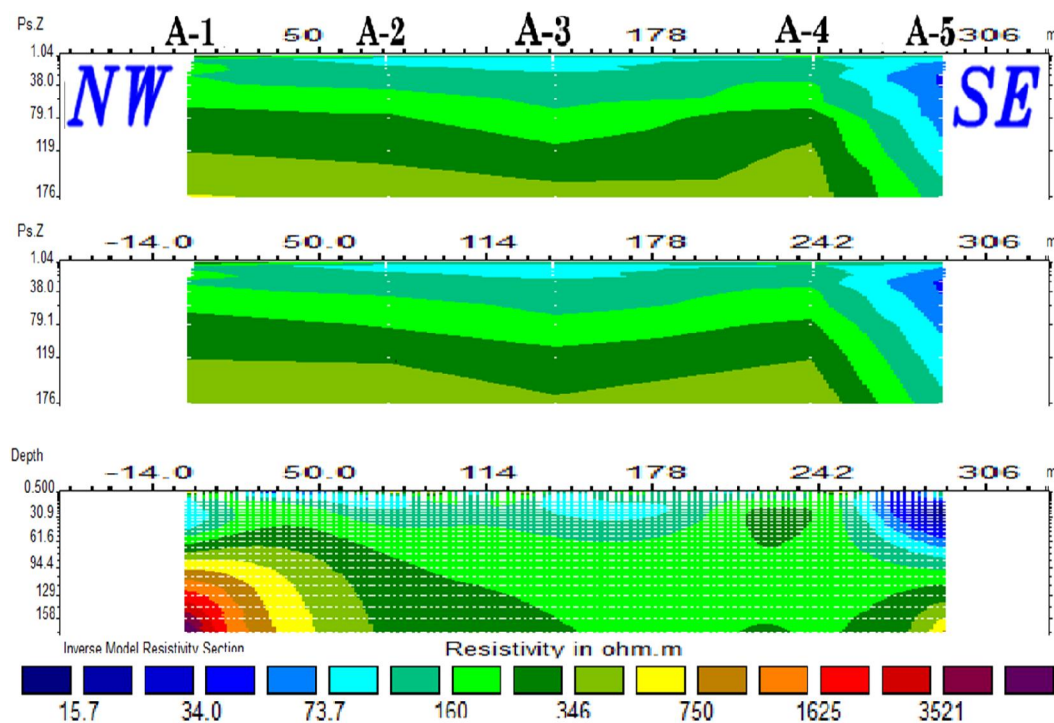
برای هر سونداژ، به طور مجزا مدل سازی معکوس صورت گرفته و مدل لایه ای زیرسطحی در محدوده سونداژ مذکور، متشکل از ضخامت و مقاومت ویژه لایه ها، تعیین گردیده است. آنگاه مدل های به دست آمده از تمام سونداژهای الکتریکی واقع بر روی یک خط برداشت، در کنار هم قرار داده شده و یک مقطع ژئوالکتریکی از مجموع آن ها، برای خط برداشت مذکور تولید شده است. 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].

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

شکل ۴-۹ نتیجه مدل سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی سونداژهای پروفیل A با استفاده از نرم افزار RES2DINV می باشد. شکل مذکور 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. اما شکل پایین مقطع حاصل از تفسیر و پردازش نرم افزار RES2DINV است. براساس این مقطع در محدوده سونداژ A-۱ مقاومت ویژه بیشتر شده که نشان دهنده کم عمق بودن سنگ کف در این قسمت است. لذا عمق سطح آب در اینجا به نسبت سونداژهای

دیگر کمتر است. با استفاده از مقطع RES2DINV اطلاعات زمین شناسی منطقه و تفسیر یک بعدی می توان این گونه نتیجه گرفت که در قسمت های میانی این خط برداشت (سونداژ های A-۲ و A-۳ و A-۴) به علت افزایش ضخامت رسوبات احتمالاً رسی، مقادیر مقاومت ویژه لایه ها کاهش می یابد. به طور کلی در امتداد این خط برداشت در محدوده سونداژ های A-۲ تا A-۴ و در عمق حدود ۲۰۰-۱۷۰ متری، لایه آبداری با ضخامت های متفاوت در زیر هر سونداژ مشاهده می شود. عمق این لایه در زیر سونداژ A-۱ به کمترین مقدار خود یعنی در حدود ۱۵۰ متر می رسد، و در زیر سونداژ A-۵ عمق لایه آبدار حدود ۱۶۰ متر برآورد می شود.

شبه مقطع مدل سازی وارون داده های سونداژ های واقع بر روی پروفیل A که با استفاده از نرم افزار RES2DINV بدست آمده در شکل ۴-۹ نشان داده شده است.



شکل ۴-۹ نتایج مدل سازی دوبعدی داده های سونداژ های الکتریکی بر روی پروفیل A با استفاده از نرم افزار RES2DINV

در مقطع زمین شناسی متناظر با این پروفیل که با استفاده از داده های خام مقاومت ویژه ظاهری برداشت شده در عملیات صحرائی در شکل ۴-۱۰ نشان داده شده، لایه های زیر دیده می شود:

الف) لایه سطحی: عموماً از آبرفت های دانه متوسط تا دانه درشت و خشک یا با رطوبت کم تشکیل شده است. این لایه با توجه به تغییرات در ابعاد دانه بندی آبرفت ها و نیز میزان املاح آن ها به چند بخش قابل تفکیک است.

ب) لایه دوم: دومین لایه تفکیک شده از آبرفت های آبدار با دانه بندی درشت تشکیل شده است. این لایه که دارای تغییرات جانبی مقاومت ویژه در محدوده ۲۰۰ تا ۴۸۰ اهم متر است، از ضخامت بالای محدود به ۷۵ تا ۱۸۰ متر برخوردار است. عدم تغییرات عمقی در این لایه می تواند مبین عدم تغییرات در کیفیت آب های زیرزمینی با افزایش عمق باشد.

ج) لایه آخر: آخرین لایه تفکیک شده سنگ کف مقاوم را مشخص می سازد. این لایه احتمالاً از سنگ های کنگلومرایی تشکیل شده است. تغییرات در میزان تراکم و نیز هوازدگی سنگ های کنگلومرایی و تا حدودی تغییرات در نوع سیمان آن ها موجب تغییرات جانبی در این لایه شده است. مقاومت ویژه سنگ کف در محدوده ۸۵۰ تا ۱۷۰۰ اهم متر دارای تغییرات است [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰].

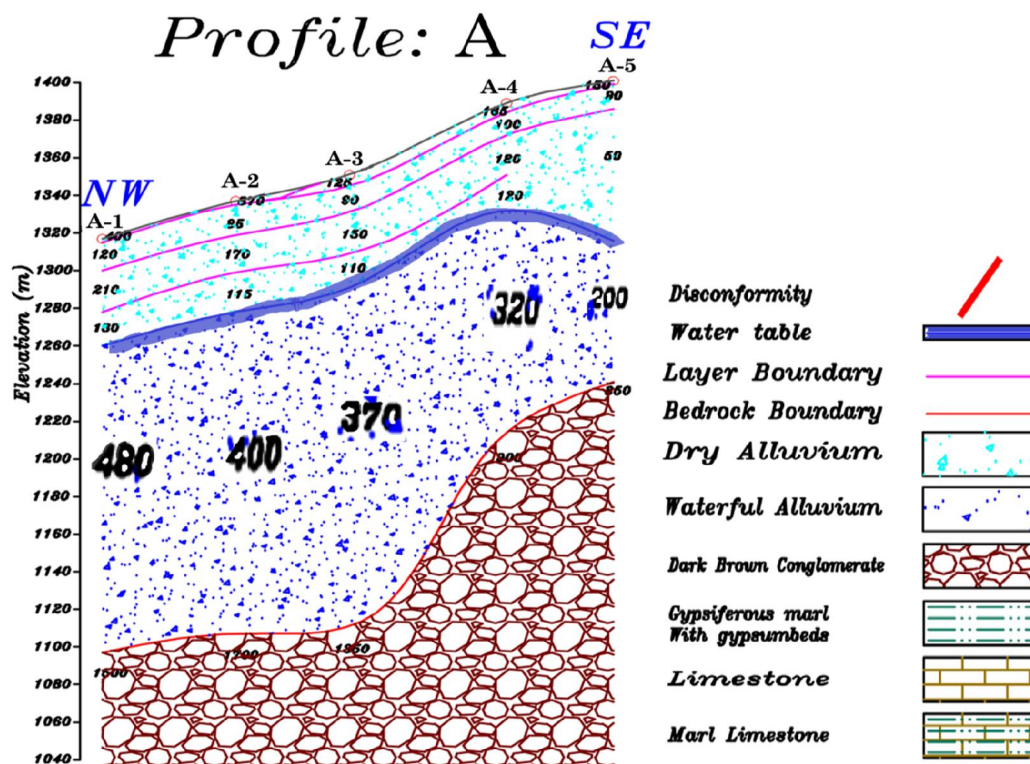
هم چنین براساس مقاومت های بدست آمده برای شرایط مختلف زمین شناسی و داده های تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد این پروفیل نتایج ارائه شده در جدول ۴-۱ بدست آمده است.

جدول ۴-۱ نتایج حاصل از داده های تفسیر انجام شده با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد پروفیل A [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

جنس	حداقل مقاومت ویژه	حداکثر مقاومت ویژه
آبرفت دانه متوسط خشک	۴۷	۱۱۲
آبرفت دانه درشت خشک	۱۱۷	۳۷۵
آبرفت آبدار	۱۹۵	۴۶۵
سنگ کف کنگلومرا	۸۰۰	۱۶۵۰

با توجه به توضیحات اخیر خط پررنگ رسم شده بر روی مقطع زمین شناسی مبین سطح آب

زیرزمینی است.



شکل ۴-۳- مقطع زمین شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل A [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

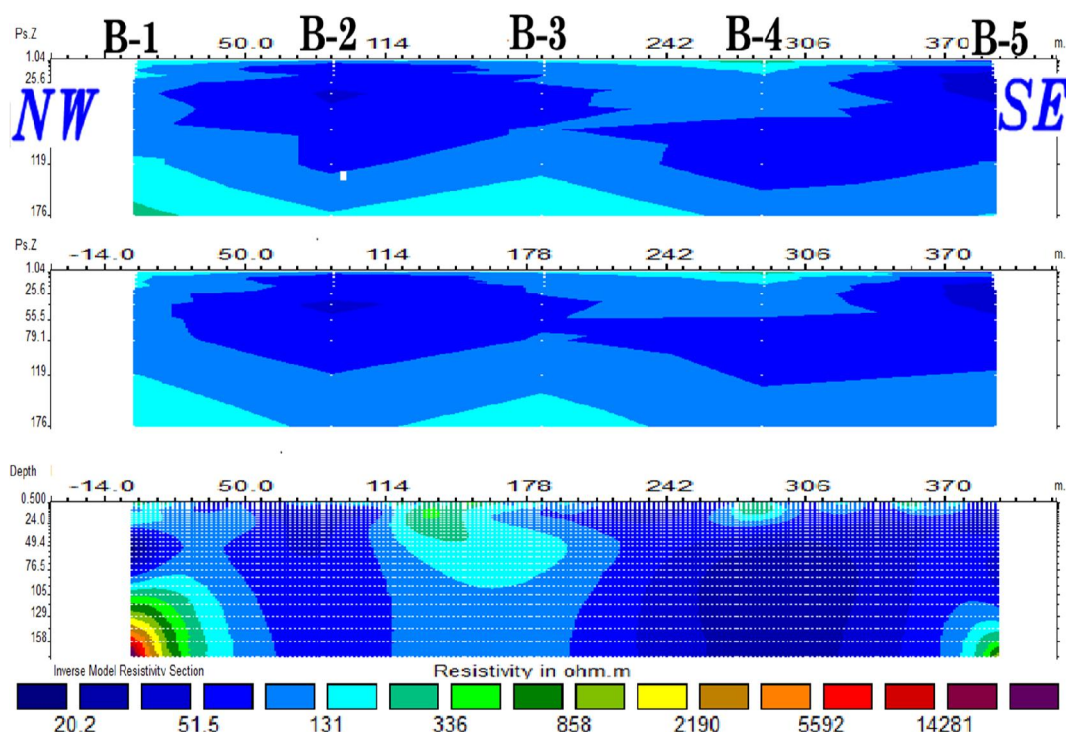
۴-۳-۲- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل B

با استناد به اطلاعات زمین شناسی و مجموعه نتایج حاصل از تفسیر یک بعدی با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IX1D و VES با توجه به خروجی نرم افزار RES2DINV که در شکل ۴-۱۱ قابل مشاهده است می توان این گونه تفسیر کرد:

همان گونه که در شکل ۴-۱۱ مشاهده می شود، متشکل از 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. اما شکل پایین مقطع حاصل از تفسیر و پردازش نرم افزار RES2DINV است. می توان این گونه نتیجه گرفت که در محدوده سونداژ B-۱ زیاد بودن مقاومت ویژه ظاهری به علت کم عمق بودن سنگ کف است، لذا آب زیر زمینی در عمق کمتری قابل

دسترسی است. یعنی در حدود ۱۴۰ متری قابل استحصال است. تغییرات جانبی مقاومت ویژه ظاهری بسیار اندک است. در سونداژهای B-۲ و B-۳ عمق لایه آبدار بیشتر و در حدود ۱۶۰-۱۵۰ متر می باشد. ولی سونداژهای B-۴ و B-۵ مناسب برای حفر چاه نمی باشند و علت آن مقاومت ویژه پایین لایه آبدار است که می تواند به دلیل ریزدانه بودن رسوبات و نیز درصد بالای املاح باشد و در صورت حفر چاه با مشکل آبدهی پایین مواجه خواهیم شد.

نتایج حاصل از مدل سازی داده های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل B با استفاده از نرم افزار RES2DINV در شکل ۴-۱۱ آورده شده است.



شکل ۴-۱۱- نتایج مدل سازی دوبعدی داده های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل B با استفاده از نرم افزار RES2DINV

در مقطع زمین شناسی متناظر با این پروفیل که با استفاده از داده های خام مقاومت ویژه ظاهری برداشت شده در عملیات صحرایی در شکل ۴-۱۲ نشان داده شده لایه های زیر دیده می شود:

الف) لایه سطحی: عموماً از آبرفت های ریزدانه تا دانه درشت و خشک یا با رطوبت کم تشکیل

شده است. این لایه با توجه به تغییرات در ابعاد دانه‌بندی آبرفت‌ها و نیز میزان رطوبت آن‌ها به چند بخش قابل تفکیک بوده است که واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار را مشخص می‌سازند.

(ب) لایه دوم: دومین لایه تفکیک شده از آبرفت‌های آبدار با دانه‌بندی و جنس مختلف تشکیل شده است. این لایه که دارای تغییرات جانبی مقاومت ویژه در محدوده ۵۵ تا ۱۱۰ اهم‌متر است، از ضخامت بالای محدود به ۹۵ تا ۱۵۰ متر برخوردار است. در بخش‌هایی از لایه که مقاومت ویژه از حداقل مقادیر برخوردار است، آبرفت‌ها احتمالاً دانه‌ریزتراند. چنین موقعیت‌هایی معمولاً از آبدهی کمتری به چاه‌هایی که احتمالاً حفر شوند، برخوردار خواهند بود. با توجه به مقادیر مقاومت ویژه بدست آمده، آبرفت‌های آبدار دارای ابعاد دانه‌متوسط تا دانه‌درشت در حد ماسه و گراول می‌توانند باشند.

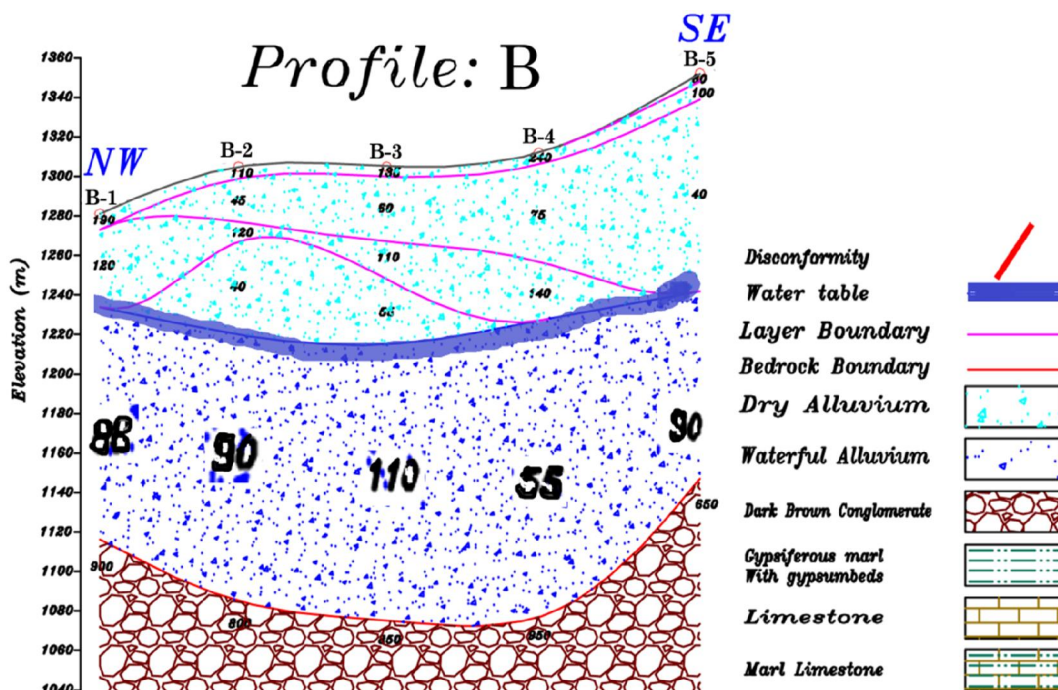
(ج) لایه آخر: آخرین لایه تفکیک شده سنگ کف مقاوم را مشخص می‌سازد. این لایه نیز مشابه با پروفیل A، احتمالاً از سنگ‌های کنگلومرای تشکیل شده است. مقاومت ویژه در این لایه در محدوده ۶۵۰ تا ۹۵۰ اهم‌متر قرار می‌گیرد. عدم تغییرات جانبی شدید در این لایه می‌تواند نشان از عدم تغییرات شدید در تراکم و جنس سنگ کف داشته باشد [سازمان آب منطقه‌ای سمنان، ۱۳۹۰].

هم‌چنین براساس مقاومت‌های بدست آمده برای شرایط مختلف زمین‌شناسی و داده‌های تفسیر با منحنی‌های استاندارد و نرم‌افزارهای IXID و VES در امتداد این پروفیل نتایج ارائه شده در جدول ۴-۲ بدست آمده است.

جدول ۴-۲- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر انجام‌شده با منحنی‌های استاندارد و نرم‌افزارهای IXID و VES در امتداد پروفیل B [سازمان آب منطقه‌ای سمنان، ۱۳۹۰]

جنس	حداقل مقاومت ویژه	حداکثر مقاومت ویژه
آبرفت دانه‌ریز خشک	۴۰	۴۰
آبرفت دانه‌متوسط خشک	۴۵	۱۰۰
آبرفت دانه‌درشت خشک	۱۱۰	۲۴۰
آبرفت آبدار	۵۵	۱۱۰
سنگ کف کنگلومرا	۶۵۰	۹۵۰

با توجه به توضیحات اخیر خط پررنگ رسم شده بر روی مقطع زمین شناسی مبین سطح آب زیرزمینی است.



شکل ۴-۵- مقطع زمین شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل B [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

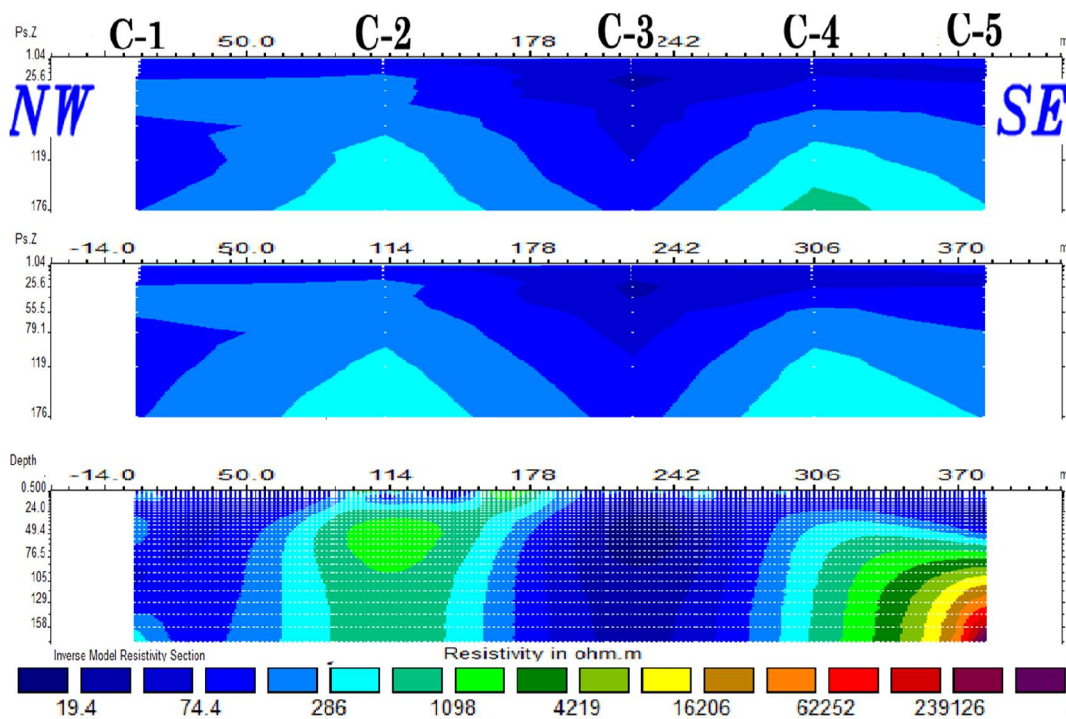
۴-۳-۳- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل C

بر اساس مجموعه نتایج حاصل از تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای یک بعدی و دوبعدی و همچنین اطلاعات زمین شناسی منطقه می توان این گونه نتیجه گرفت، که در ابتدا به بررسی و تفسیر شکل ۴-۱۳ مقطع مقاومت ویژه ظاهری حاصل از نرم افزار RES2DINV می پردازیم. این شکل شامل سه قسمت است. قسمت بالا و میانی مربوط به داده های خام و قسمت پایینی مقطع حاصل از پردازش نرم افزاری است. بنا به این شکل مقاومت ویژه در محدوده سونداژ C-۵ بالاست که بیانگر عمق کم سنگ کف در این ناحیه و نیز درشت دانه بودن آبرفت در این قسمت می باشد که متأثر از سازندهای آهکی و کنگلومرایی واقع در جنوب منطقه است. خط برداشت C را می توان از لحاظ مشخصات آبرفت به دو بخش با دانه بندی درشت و ریز تقسیم کرد، که گسل موجود در

محدوده سونداژهای C-۳ و C-۴، مرز بین این دو بخش می باشد. ریزدانه بودن آبرفت در بخش های شمالی و میانی خط برداشت C متأثر از سازندهای گچی و مارنی واقع در شمال منطقه مورد بررسی است. این امر باعث شده تا محدود سونداژهای C-۴ و C-۵ از شرایط بهتری برای حفر چاه به نسبت سونداژهای C-۱ تا C-۳ برخوردار باشند.

همچنین پیش بینی می شود آبدهی چاه هایی که در نقاط جنوبی گسل حفر شوند، بالاتر از نقاط شمالی گسل باشد. وجود چاه کال سپیدار با سطح آب ۲۰۷ متر در محدوده سونداژ C-۱ می تواند به ما در تعیین سطح آب منطقه کمک کند. اطلاعات دقیق تری در مورد سطح آب هر یک از سونداژها در جدول ۳-۳ بیان شده است.

شبه مقطع مدل سازی وارون داده های سونداژهای واقع بر روی پروفیل C که با استفاده از نرم افزار RES2DINV بدست آمده در شکل ۴-۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۳- نتایج مدل سازی دوبعدی داده های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل C با استفاده از نرم افزار RES2DINV

در مقطع زمین شناسی متناظر با این پروفیل که با استفاده از داده های خام مقاومت ویژه ظاهری برداشت شده در عملیات صحرایی در شکل ۴-۱۴ نشان داده شده لایه های زیر دیده می شود:

الف) لایه سطحی: عموماً از آبرفت های ریز تا دانه درشت و خشک یا با رطوبت کم تشکیل شده است. این لایه با توجه به تغییرات در ابعاد دانه بندی آبرفت ها و نیز میزان رطوبت آن ها به چند بخش قابل تفکیک بوده است که واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار را مشخص می سازد.

ب) لایه دوم: دومین لایه تفکیک شده از آبرفت های آبدار با دانه بندی و جنس مختلف تشکیل شده است. این لایه که دارای تغییرات جانبی مقاومت ویژه در محدوده ۶۵ تا ۲۳۰ اهم متر است، از ضخامت بالای محدود به ۶۰ تا ۱۱۰ متر برخوردار است. این لایه در محدوده سونداژهای K تا M احتمالاً از آبرفت های با دانه بندی متوسط در حد ماسه و شن و در محدوده سونداژهای N و O از کنگلومرا تشکیل شده است. بنابراین می توان گفت که ناپیوستگی مذکور در لایه قبلی به این لایه نیز گسترده شده است. ناپیوستگی مذکور مشابه با لایه فوقانی به توسط خطی مورب و بریده نمایش داده شده است. مقادیر مقاومت ویژه بدست آمده در لایه آبدار در امتداد این پروفیل و پروفیل های قبلی بیانگر شیرین و قابل شرب بودن آب های زیرزمینی می باشد.

ج) لایه آخر: آخرین لایه تفکیک شده سنگ کف مقاوم را مشخص می سازد. این لایه احتمالاً از کنگلومرا تشکیل شده است. مقاومت ویژه این لایه در محدوده ۶۰۰ تا ۱۴۰۰ اهم متر دارای تغییرات است. بیشترین تغییرات جانبی مقاومت ویژه در این لایه به محدوده سونداژهای M و N مربوط می شود که در ادامه ناپیوستگی های مذکور در لایه قبلی است. تغییراتی که در سنگ کف بدان اشاره گردید به عنوان ناپیوستگی در شرایط پتروفیزیکی سنگ کف در نظر گرفته می شود. این ناپیوستگی به توسط خطی مورب و بریده در مقطع ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نمایش داده شده است. چنین ناپیوستگی هایی اغلب در سنگ ها اتفاق می افتد و به آبرفت های فوقانی آن ها منتقل می شود و بنابراین ناپیوستگی هایی که در لایه های آبرفتی بدان اشاره گردید احتمالاً ناپیوستگی هایی بوده اند که در سنگ کف کنگلومرای به وجود آمده و سپس به آبرفت های فوقانی آن ها گسترده شده اند. با توجه به

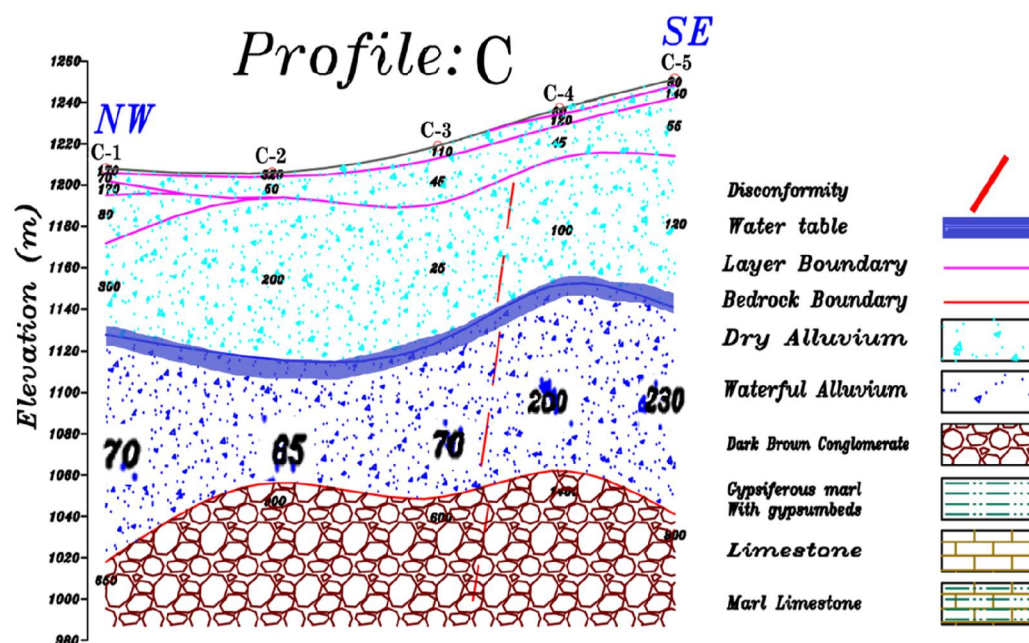
توضیحات اخیر این نوع ناپیوستگی ها اغلب از نوع ناپیوستگی های تکتونیکی می تواند در نظر گرفته شود [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰].

براساس مقاومت های بدست آمده برای شرایط مختلف زمین شناسی و داده های تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد این پروفیل نتایج ارائه شده در جدول ۳-۴ بدست آمده است.

جدول ۳-۴- نتایج حاصل از داده های تفسیر انجام شده با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد پروفیل C [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

جنس	حداقل مقاومت ویژه	حداکثر مقاومت ویژه
آبرفت دانه ریز خشک	۲۵	۲۵
آبرفت دانه متوسط خشک	۴۵	۱۰۰
آبرفت دانه درشت خشک	۱۱۰	۳۲۰
آبرفت آبدار	۶۵	۲۳۰
سنگ کف کنگلومرا	۶۰۰	۱۴۰۰

با توجه به توضیحات اخیر خط پررنگ رسم شده بر روی مقطع زمین شناسی مبین سطح آب زیرزمینی است.



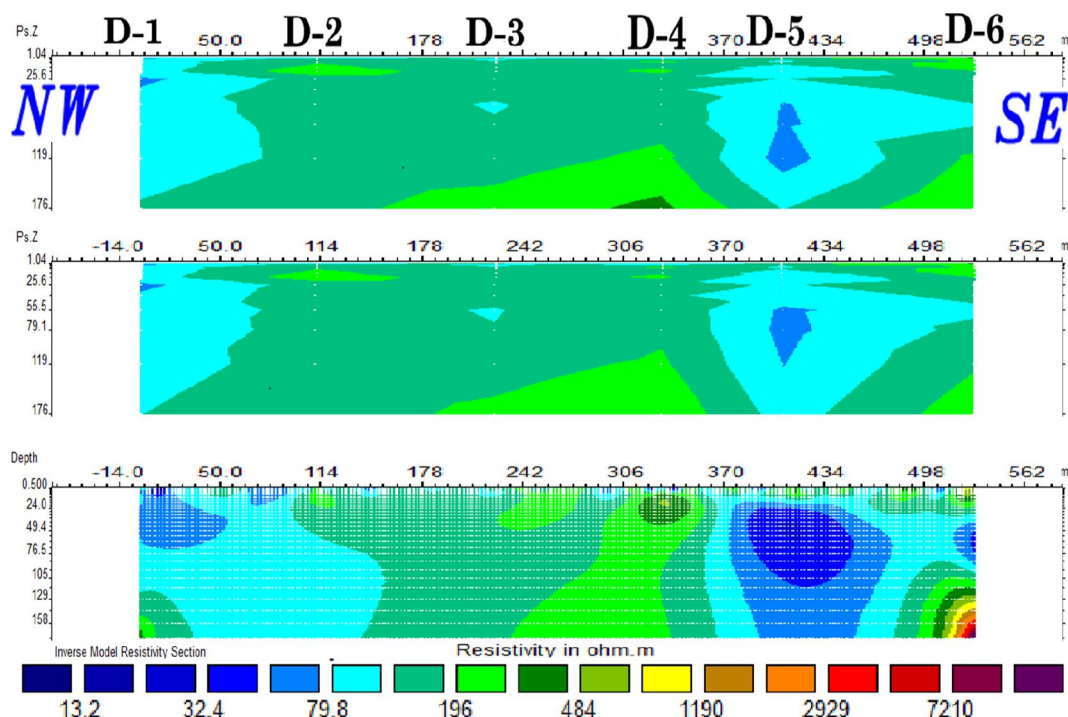
شکل ۴-۷- مقطع زمین شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل C [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

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

بر اساس اطلاعات بدست آمده از زمین شناسی منطقه و همچنین نتایج حاصل از تفسیر با منحنی های استاندارد و همچنین نرم افزارهای یک بعدی IX1D و VES می توان به تفسیر کامل مقاطع مقاومت ویژه ظاهری خروجی نرم افزار RES2DINV پردازیم. همان طور که در شکل ۴-۱۵ مشاهده می شود متشکل از سه قسمت است، که دو قسمت بالایی و میانی حاصل از داده های خام صحرایی و قسمت پایینی مقطع مقاومت ویژه ظاهری حاصل از پردازش نرم افزار است. بنا به این شکل تغییرات جانبی نسبتاً بالایی در مقادیر مقاومت ویژه ظاهری مشاهده نمی شود، اما در قسمت های عمیق که مربوط به لایه آبدار و سنگ کف است در ناحیه جنوبی شاهد مقاومت بالاتری هستیم (در محدوده سونداژهای D-۵ و D-۶) که نشان دهنده دانه درشت بودن رسوبات لایه آبدار است، و متاثر از سازندهای آهکی و کنگلومرایی واقع در جنوب منطقه است و باعث مناسب بودن این ناحیه برای حفر چاه می گردد. اما در قسمت های شمالی این خط برداشت مقاومت ویژه ظاهری پایین تری را شاهد هستیم، که بیان گر رسوبات ریز دانه تر هستند. لذا این منطقه برای حفر چاه مناسب نمی باشد. همچنین وجود چاه های اراضی بندیان با سطح آب ۱۵۴ متر در مجاورت سونداژ D-۲ و چاه محمد آباد با سطح آب ۱۷۷ متر در محدوده سونداژ D-۵ می تواند به ما در تعیین سطح آب این منطقه کمک کند.

شبه مقطع مدل سازی وارون داده های سونداژهای واقع بر روی پروفیل D که با استفاده از نرم افزار

RES2DINV بدست آمده در شکل ۴-۱۵ نشان داده شده است.



شکل ۴-۸- نتایج مدل سازی دوبعدی داده های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل D با استفاده از نرم افزار RES2DINV

در مقطع زمین شناسی متناظر با این پروفیل که با استفاده از داده های خام مقاومت ویژه ظاهری

برداشت شده در عملیات صحرائی در شکل ۴-۱۶ نشان داده شده لایه های زیر دیده می شود:

الف) لایه سطحی: عموماً از آبرفت های ریزدانه تا دانه درشت و خشک یا با رطوبت کم تشکیل شده است. این لایه با توجه به تغییرات در ابعاد دانه بندی آبرفت ها و نیز میزان رطوبت آن ها به چند بخش قابل تفکیک بوده است که واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار را مشخص می سازد.

ب) لایه دوم: دومین لایه تفکیک شده از آبرفت های آبدار تشکیل شده است. این لایه که دارای تغییرات جانبی مقاومت ویژه در محدوده ۱۱۰ تا ۲۵۰ اهم متر است، از ضخامت محدود به ۶۰ تا ۹۰ متر برخوردار است. این لایه نیز مشابه با لایه آبدار در محدوده پروفیل های قبلی از آبرفت های عمدتاً دانه درشت در حد گراول و کنگلومرا تشکیل شده است. بخش هایی از لایه که مقاومت ویژه کمتری را دارا هستند، احتمالاً از دانه بندی نسبی ریزتری در حد گراول تشکیل شده اند. با توجه به مقاومت ویژه بدست آمده برای لایه آبدار، مشابه با پروفیل های قبلی، می توان گفت که این لایه از آبرفت هایی با

آب های قابل شرب تشکیل شده اند.

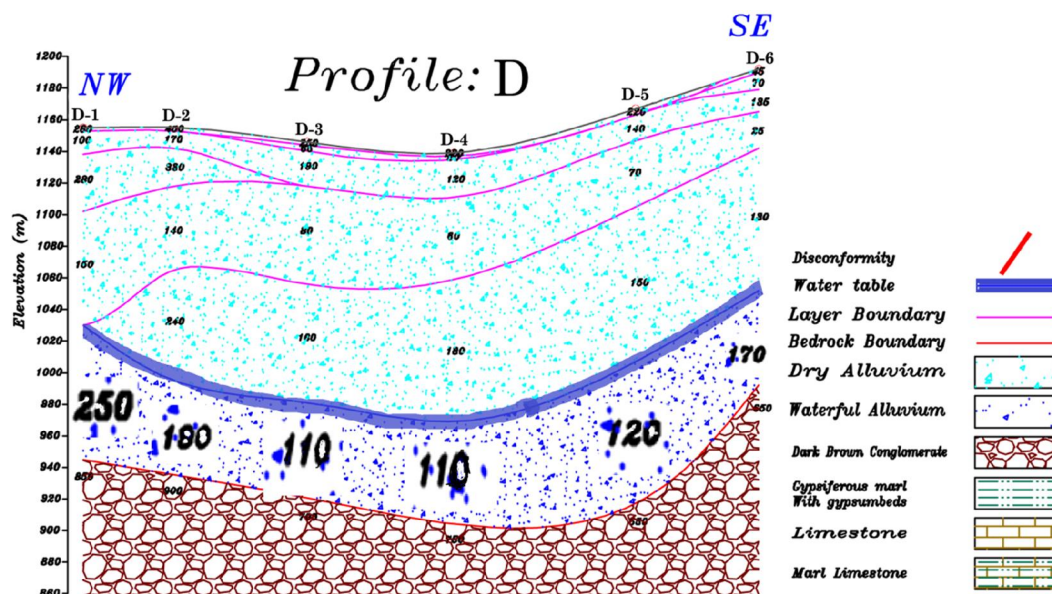
ج) لایه آخر: آخرین لایه تفکیک شده سنگ کف مقاوم را مشخص می سازد. این لایه احتمالاً از کنگلومرا تشکیل شده است. مقاومت ویژه این لایه در محدوده ۵۵۰ تا ۹۰۰ اهم متر دارای تغییرات است. عدم تغییرات شدید مقاومت ویژه در این لایه می تواند بیان گر عدم تغییرات جانبی شدید در تراکم، نوع سیمان و حتی جنس آن باشد [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰].

هم چنین براساس مقاومت های بدست آمده برای شرایط مختلف زمین شناسی و داده های تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد این پروفیل نتایج ارائه شده در جدول ۴-۴ بدست آمده است.

جدول ۴-۴- نتایج حاصل از داده های تفسیر انجام شده با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد پروفیل D [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

جنس	حداقل مقاومت ویژه	حداکثر مقاومت ویژه
آبرفت دانه ریز خشک	۲۵	۲۵
آبرفت دانه متوسط خشک	۴۵	۱۰۰
آبرفت دانه درشت خشک	۱۲۰	۴۰۰
آبرفت آب دار	۱۱۰	۲۵۰
سنگ کف کنگلومرا	۵۵۰	۹۰۰

با توجه به توضیحات اخیر خط پررنگ رسم شده بر روی مقطع زمین شناسی مبین سطح آب زیرزمینی است.



شکل ۴-۹- مقطع زمین شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل D [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

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

با توجه به نتایج حاصل از تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IX1D و VES

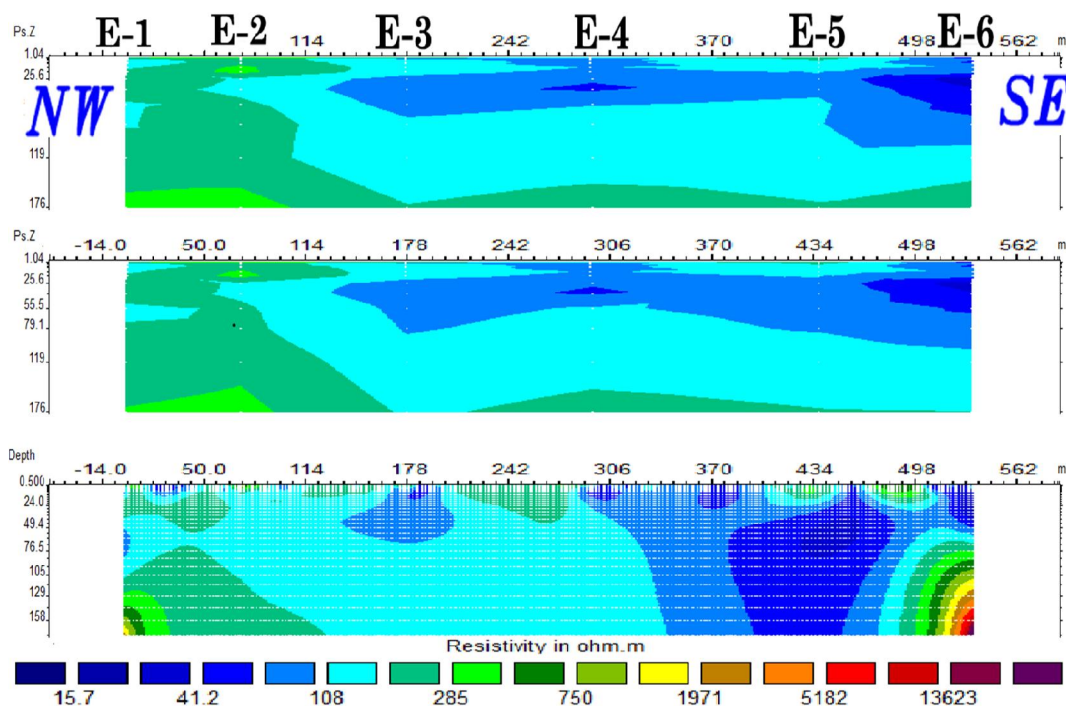
اطلاعات زمین شناسی منطقه می توان این گونه نتیجه گرفت که در ابتدا به بررسی و تفسیر شکل ۴-

۱۷ مقطع مقاومت ویژه ظاهری حاصل از نرم افزار RES2DINV می پردازیم.

این مقطع متشکل از از سه بخش است که دو بخش بالا مربوط به داده های خام برداشت صحرائی و بخش پایینی مربوط به پردازش داده های صحرائی توسط نرم افزار RES2DINV است. همان طور که در شکل ۴-۱۷ مشاهده می شود در قسمت های سطحی تغییرات زیادی در مقاومت ویژه ظاهری مشاهده نمی شود ولی در عمق بیشتر شاهد افت شدید مقاومت در محدوده سونداژ E-۵ هستیم، که می تواند به دلیل ریز دانه شدن رسوبات در این محدوده باشد. لذا محدوده سونداژ های E-۵ و E-۶ مناسب جهت حفر چاه نمی باشد. اما در قسمت های شمالی و میانی این خط برداشت (در محدوده سونداژهای E-۱ تا E-۴) مقاومت ویژه ظاهری بالاتری داریم که علت آن درشت دانه بودن رسوبات لایه آبدار می باشد، لذا در صورت حفر چاه با آب دهی بالایی مواجه خواهیم شد.

همچنین چاه کافه باغ با سطح آب ۱۲۳ متر در مجاورت سونداژ E-۲ می تواند به ما در تعیین سطح آب این منطقه کمک کند.

شبه مقطع مدل سازی وارون داده های سونداژهای واقع بر روی پروفیل E که با استفاده از نرم افزار RES2DINV بدست آمده در شکل ۴-۱۷ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۰- نتایج مدل سازی دوبعدی داده های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل E با استفاده از نرم افزار RES2DINV

در مقطع زمین شناسی متناظر با این پروفیل که با استفاده از داده های خام مقاومت ویژه ظاهری

برداشت شده در عملیات صحرایی در شکل ۴-۱۸ نشان داده شده لایه های زیر دیده می شود:

الف) لایه سطحی: عموماً از آبرفت های دانه متوسط تا دانه درشت و خشک یا با رطوبت کم تشکیل شده است. این لایه با توجه به تغییرات در ابعاد دانه بندی آبرفت ها و نیز میزان املاح آن ها به چند بخش قابل تفکیک است.

ب) لایه دوم: دومین لایه تفکیک شده از آبرفت های آب دار با دانه بندی و جنس مختلف تشکیل شده است. این لایه که دارای تغییرات جانبی مقاومت ویژه در جهت های افقی و قائم در محدوده ۶۰ تا

۱۹۰ اهم متر است، از ضخامت محدود به ۶۰ تا ۱۸۱ متر برخوردار است. این لایه نیز مشابه با لایه های آبرفتی فوقانی آن، در محدوده سونداژ شماره E-5، دارای تغییرات جانبی شدیدی است که احتمالاً در امتداد ناپیوستگی مذکور در لایه های فوقانی است. ناپیوستگی های مذکور مشابه با لایه های فوقانی به توسط خطوطی مورب و بریده و به رنگ قرمز نمایش داده شده است. در این لایه بخش هایی که مقاومت ویژه بالاتری دارند از آب دهی بهتری به چاه هایی که احتمالاً حفر شوند، خواهند داشت. مقادیر بدست آمده نمی تواند حضور املاح را در آب های زیرزمینی موجود در این لایه مشخص نماید.

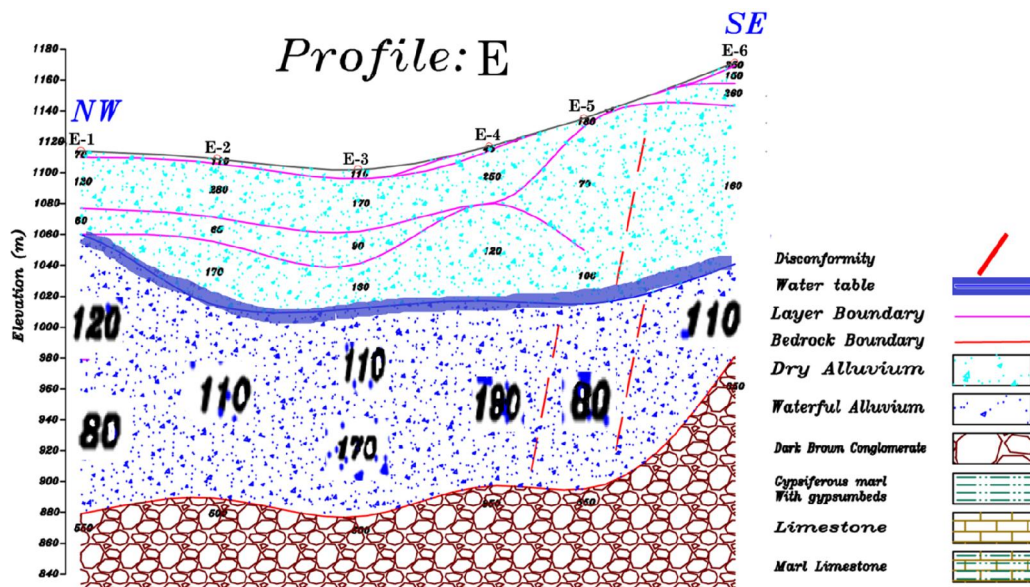
ج) لایه آخر: آخرین لایه تفکیک شده سنگ کف مقاوم را مشخص می سازد. این لایه از سنگ های کنگلومرایی تشکیل شده است. مقاومت ویژه این لایه متغیر بین ۵۰۰ تا ۸۵۰ اهم متر می باشد. عدم تغییرات شدید در مقادیر مقاومت ویژه کنگلومرهای متراکم نشان از عدم تغییرات در میزان تراکم، نوع سیمان آن ها و حتی ناپیوستگی های تکتونیکی می تواند داشته باشد. بنابراین نمی توان ناپیوستگی های مذکور در لایه های آبرفتی را نتیجه ناپیوستگی در سنگ کف تصور نمود و اغلب ناپیوستگی های مذکور همان طور که ذکر گردید، نتیجه تغییرات دانه بندی شدید و ناگهانی آبرفت ها می تواند باشد [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰].

هم چنین براساس مقاومت های بدست آمده برای شرایط مختلف زمین شناسی و داده های تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد این پروفیل نتایج ارائه شده در جدول ۴-۵ بدست آمده است.

جدول ۴-۵- نتایج حاصل از داده های تفسیر انجام شده با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد پروفیل E [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

جنس	حداقل مقاومت ویژه	حداکثر مقاومت ویژه
آبرفت دانه متوسط خشک	۴۵	۱۰۰
آبرفت دانه درشت خشک	۱۱۰	۳۵۰
آبرفت آبدار	۶۰	۱۹۰
سنگ کف کنگلومرا	۵۰۰	۸۵۰

با توجه به توضیحات اخیر خط پررنگ رسم شده بر روی مقطع زمین شناسی مبین سطح آب زیرزمینی است.



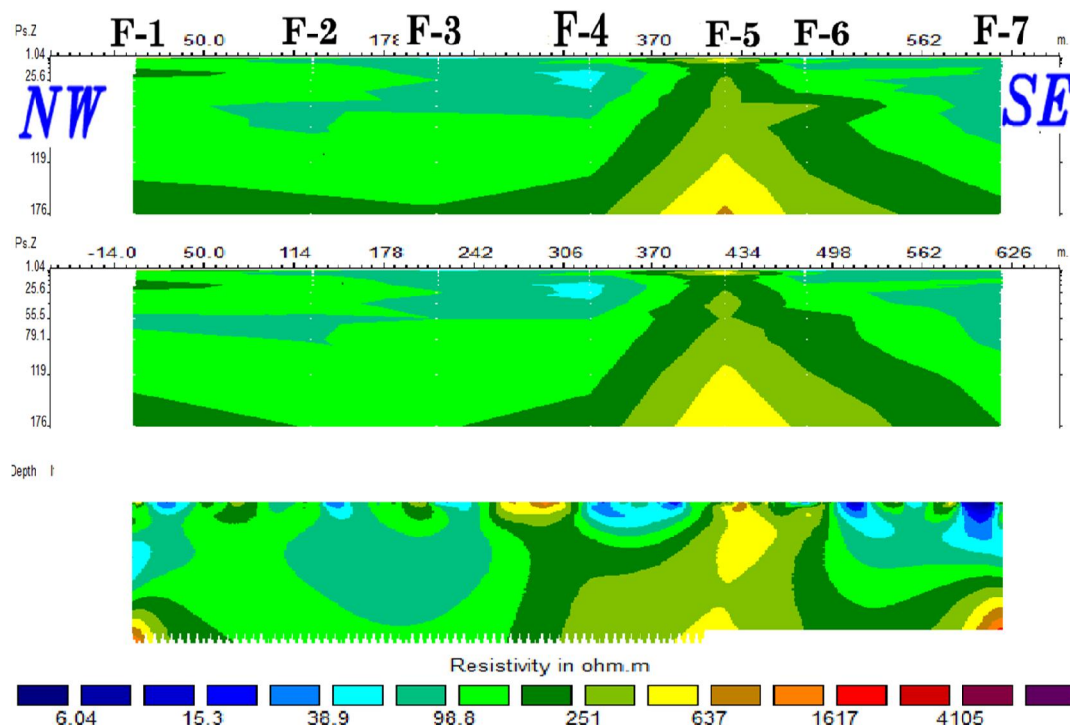
شکل ۴-۱۱- مقطع زمین شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل E [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

۴-۳-۶- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل F

اینک به تفسیر خط برداشت F با در دست داشتن اطلاعات زمین شناسی و نتایج حاصل از تفسیر با منحنی های استاندارد و نیز نرم افزارهای یک بعدی و دو بعدی می پردازیم. شکل ۴-۱۹ مربوط به پردازش داده های مقاومت ویژه ظاهری صحرایی توسط نرم افزار RES2DINV است. در محدوده سونداژ F-۵ شاهد تغییرات شدید در مقاومت ویژه ظاهری از سطح تا عمق هستیم، که به دلیل وجود گسل با امتداد شمال شرقی-جنوب غربی است. بالا بودن مقاومت ویژه ظاهری در این خط برداشت نشان دهنده درشت دانه بودن آبرفت این منطقه است. در سایر قسمت های این خط برداشت مقاومت ویژه ظاهری نسبتاً بالا بیانگر لایه آبدار با دانه بندی متوسط تا درشت است که این امر سبب مناسب بودن این محدوده برای حفر چاه می باشد. همچنین وجود چاه های آبی چون جاده اصغر آباد با سطح آب ۹۱ متر در محدوده سونداژ F-۳ و نیز چاه چاله بنه گر با سطح آب ۱۵۴ متر در محدوده سونداژ F-۵ می تواند ما را در تعیین سطح آب منطقه یاری نماید.

شبه مقطع مدل سازی وارون داده های سونداژهای واقع بر روی پروفیل F که با استفاده از نرم افزار

RES2DINV بدست آمده در شکل ۴-۱۹ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۹ - نتایج مدل سازی دوبعدی داده های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل F با استفاده از نرم افزار RES2DINV

در مقطع زمین شناسی متناظر با این پروفیل که با استفاده از داده های خام مقاومت ویژه ظاهری

برداشت شده در عملیات صحرایی در شکل ۴-۲۰ نشان داده شده لایه های زیر دیده می شود:

الف) لایه سطحی: عموماً از آبرفت های ریزدانه و خشک یا با رطوبت کم تشکیل شده است. این

لایه با توجه به تغییرات در ابعاد دانه بندی آبرفت ها و نیز میزان رطوبت آن ها به چند بخش قابل

تفکیک بوده است که واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار را مشخص می سازد. این واحدها دارای

تغییرات نسبی بالایی می باشند که دلیل آن قرارگیری محل برداشت سونداژهای این پروفیل در

شرایط زمین شناسی تقریباً متفاوت است. بخش هایی از این لایه که از حداقل مقاومت ویژه برخوردار

است، از رطوبت بیشتری برخوردار بوده و نسبتاً دانه ریزتراند و بخش هایی که از حداکثر مقاومت ویژه

برخورداراند عمدتاً از کنگلومراهای هوا زده و خشک تشکیل شده اند. مقادیر مقاومت ویژه در واحدهای

تفکیک شده قبل از لایه آبدار محدود به ۴۰ تا ۶۰۰ اهم متر می باشد. بیشترین تغییرات جانبی در این لایه در محدوده سونداژ شماره F-5 قرار دارد که احتمالاً در این محدوده ناپیوستگی های تکتونیکی و یا تغییرات ناگهانی در ابعاد دانه بندی آبرفت ها اتفاق افتاده است. این موضوع به توسط خطی مورب و بریده در مقطع ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نشان داده شده است. ضخامت واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار در محدوده ۶۰ تا ۱۱۵ متر قرار دارد.

(ب) لایه دوم: دومین لایه تفکیک شده از آبرفت های آبدار با دانه بندی عمدتاً درشت دانه تشکیل شده است. این لایه که دارای تغییرات جانبی بالای مقادیر مقاومت ویژه در جهت های افقی و قائم در محدوده ۱۰۰ تا ۴۵۰ اهم متر است، از ضخامت محدود به ۷۷ تا ۱۷۵ متر برخوردار است. همان طور که در مقطع مربوطه نیز مشخص است، بیشترین تغییرات جانبی به محدوده سونداژ شماره F-5 مربوط می شود و به نظر می رسد که در محدوده این سونداژ ناپیوستگی های تکتونیکی و یا تغییرات ناگهانی ابعاد دانه بندی آبرفت ها اتفاق افتاده باشد. این ناپیوستگی در امتداد ناپیوستگی موجود در لایه های آبرفتی خشک بوده که قبلاً توضیح داده شد. به همین دلیل خط موربی به عنوان نمایش ناپیوستگی مذکور ترسیم و نشان داده شده است. همان طور که در مقطع مربوطه نیز مشخص است، تغییرات جانبی در جهت قائم نیز وجود دارد که عمدتاً مربوط به تغییرات در دانه بندی آبرفت ها در جهت قائم می باشد. با توجه به مقادیر مقاومت ویژه بدست آمده برای لایه آبدار، آبدهی به چاه هایی که احتمالاً حفر شوند، در عمق های بالا بیشتر است.

(ج) لایه آخر: آخرین لایه تفکیک شده سنگ کف مقاوم را مشخص می سازد. این لایه احتمالاً از سنگ های کنگلومرایی تشکیل شده است. مقاومت ویژه این لایه در محدوده ۵۵۰ تا ۱۲۰۰ اهم متر قرار می گیرد. همان طور که ملاحظه می شود در محدوده سونداژ شماره F-5 حداکثر مقاومت ویژه را شاهد هستیم که می تواند به دلیل افزایش ناگهانی تخلخل در اثر تشکیل شرایط تکتونیکی باشد. این ناپیوستگی همان طور ملاحظه می شود در ادامه ناپیوستگی های مذکور در لایه های آبرفتی می باشد و بنابراین می توان نتیجه گرفت که این ناپیوستگی ها دارای منشاء تکتونیکی بوده و نمی تواند به خاطر

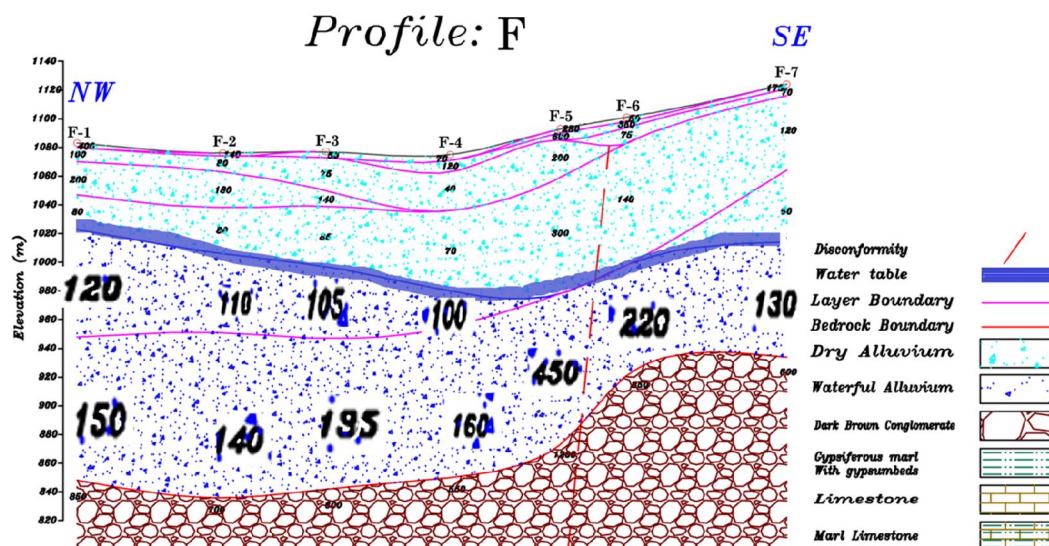
تغییرات دانه بندی باشد و چنین ناپیوستگی هایی در سنگ کف اتفاق می افتد و سپس به آبرفت های فوقانی آن ها گسترش می یابد. این ناپیوستگی به توسط خطوط مورب و بریده و در ادامه ناپیوستگی های موجود در لایه های فوقانی در مقطع ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نمایش داده شده است [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰].

هم چنین براساس مقاومت های بدست آمده برای شرایط مختلف زمین شناسی و داده های تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد این پروفیل نتایج ارائه شده در جدول ۴-۶ بدست آمده است.

جدول ۴-۶- نتایج حاصل از داده های تفسیر انجام شده با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد پروفیل F [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

جنس	حداقل مقاومت ویژه	حداکثر مقاومت ویژه
آبرفت دانه ریز خشک	۴۰	۴۰
آبرفت دانه متوسط خشک	۵۰	۱۰۰
آبرفت دانه درشت خشک	۱۲۰	۶۰۰
آبرفت آب دار	۱۰۰	۴۵۰
سنگ کف کنگلومرا	۵۵۰	۱۲۰۰

با توجه به توضیحات اخیر خط پررنگ رسم شده بر روی مقطع زمین شناسی مبین سطح آب زیرزمینی است.



شکل ۴-۱۳- مقطع زمین شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل F [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

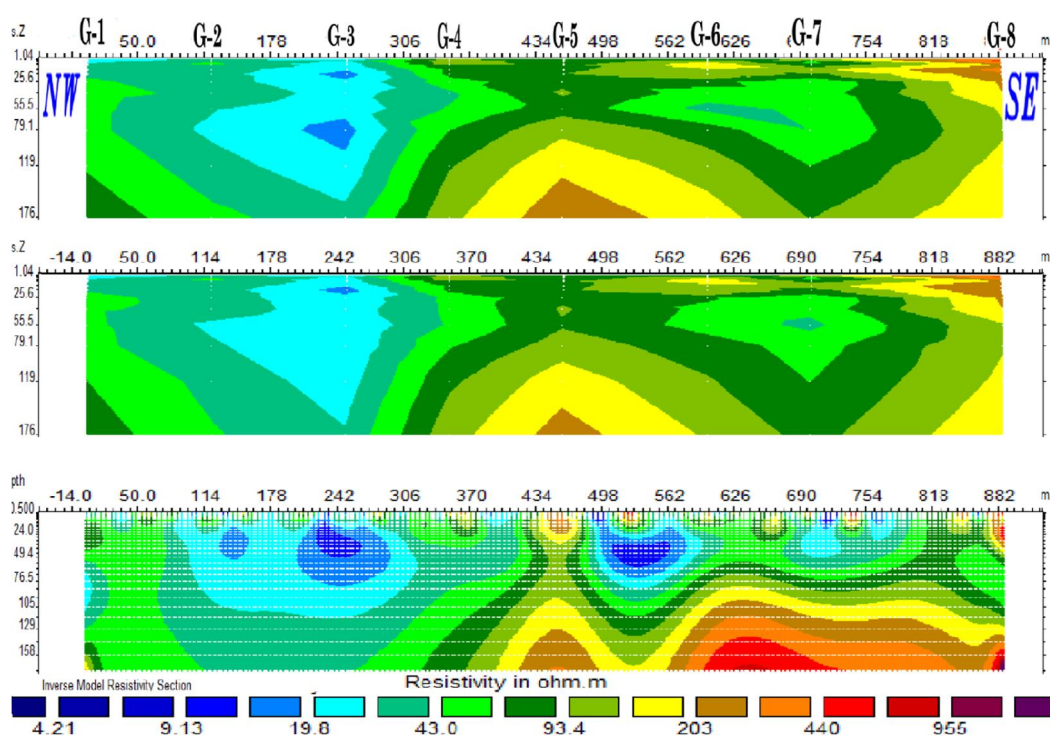
۴-۳-۷- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل G

با استناد به اطلاعات زمین شناسی و مجموعه نتایج حاصل از تفسیر یک بعدی با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IX1D و VES با توجه به خروجی نرم افزار RES2DINV که در شکل ۴-۱۲ قابل مشاهده است می توان این گونه تفسیر کرد:

شکل مذکور شامل سه بخش است، که بخش بالایی و میانی آن مربوط به مقطع حاصل از داده های خام برداشت شده در عملیات صحرایی بوده و بخش پایینی مربوط به مقطع حاصل از داده های خام توسط نرم افزار است. همان طور که در شکل قابل مشاهده است، تغییرات جانبی مقاومت ویژه ظاهری نسبتاً بالاست. در نیمه شمالی خط برداشت مقاومت ویژه پایین و در مسیر جنوب رو به افزایش است، که این امر متأثر از فرسایش سازندهای گچی و مارنی واقع در شمال منطقه مورد بررسی است، که باعث تشکیل آبرفت با دانه بندی ریز در حد رس شده است. آب موجود در این لایه آبدار از کیفیت مطلوبی برخوردار نیست و در صورت حفر چاه در این ناحیه با متشکل آبدهی پایین روبه رو خواهیم شد.

سونداژهای G-۱ تا G-۳ نامناسب جهت حفر چاه بوده و در مقابل سونداژهای G-۴ تا G-۸ در شرایط مناسب تری هستند. زیرا مجاور بودن به سازندهای آهکی و کنگلومرایبی در جنوب منطقه مورد مطالعه باعث تشکیل آبرفت با دانه بندی درشت گشته که این امر باعث بهبود در کیفیت آب موجود در این آبرفت شده و به علاوه آبدهی این چاهها در حد مطلوبی است. سطح آب در این منطقه بنا به چاه خونی در مجاورت سونداژ G-۱ و چاه آردزیدر در مجاورت سونداژ G-۷ در حدود ۱۰۰ متر برآورد می شود.

شبه مقطع مدل سازی وارون داده های سونداژهای واقع بر روی پروفیل G که با استفاده از نرم افزار RES2DINV بدست آمده در شکل ۴-۲۱ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۴- نتایج مدل سازی دوبعدی داده های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل G با استفاده از نرم افزار RES2DINV

در مقطع زمین شناسی متناظر با این پروفیل که با استفاده از داده های خام مقاومت ویژه ظاهری برداشت شده در عملیات صحرایی در شکل ۴-۲۲ نشان داده شده لایه های زیر دیده می شود:

الف) لایه سطحی: عموماً از آبرفت های ریزدانه تا درشت دانه و خشک یا با رطوبت کم تشکیل

شده است. این لایه با توجه به تغییرات در ابعاد دانه بندی آبرفت ها و نیز میزان رطوبت و املاح آن ها به چند بخش قابل تفکیک بوده است، که واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار را مشخص می سازد. این واحدها دارای تغییرات در مقادیر مقاومت ویژه می باشند که دلیل آن قرارگیری محل برداشت سونداژهای این پروفیل در شرایط زمین شناسی نسبتاً متفاوت سطحی است. بخش هایی از این لایه که از حداقل مقاومت ویژه برخوردار است، از املاح بیشتری برخوردار بوده و نسبتاً دانه ریزتراند. دلیل وجود مقادیری املاح در امتداد این پروفیل و خصوصاً در بخش های شمالی آن، نزدیکی این پروفیل به سازندهای گچی و مارنی می تواند باشد. ولی بخش هایی که از مقاومت ویژه نسبی بالاتری برخورداراند، براساس مشاهدات صحرایی، نسبتاً دانه درشت تراند و از املاح کمتری برخورداراند. در این واحدها بخش های زیر سطحی از مقاومت ویژه کمتری برخورداراند که دلیل آن می تواند وجود مقادیری رطوبت به همراه املاح باشد و همچنین از هوازدگی کمتری برخوردار می باشد. مقادیر مقاومت ویژه در واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار محدود به ۲۰ تا ۵۰۰ اهم متر می باشد. ضخامت این واحدها نیز در محدوده ۶۵ تا ۱۳۰ متر می باشد.

ب) لایه دوم: دومین لایه تفکیک شده از آبرفت های آبدار با دانه بندی ریزدانه تا دانه درشت تشکیل شده است. این لایه که از تغییرات جانبی مقاومت ویژه در جهت افقی برخوردار است، ضخامتی محدود به ۴۰ تا ۱۱۰ متر دارد. همان طور که در مقطع مربوطه نیز مشخص است آب های دارای املاح نسبی در این پروفیل در نیمه شمالی آن قرار دارند و به نظر می رسد که آب های زیرزمینی از املاح کمتری برخوردار باشند. با توجه به عدم تغییرات شدید در مقادیر مقاومت ویژه ظاهری و وجود افزایش تدریجی مقاومت ویژه از شمال به جنوب، نمی توان موقعیت دقیقی را به عنوان مرز آب شور و نیمه شیرین یا شیرین مشخص نمود. افت کلی مقاومت ویژه لایه آبدار در امتداد پروفیل G نسبت به پروفیل های قبلی می تواند به دلیل نفوذ مقادیری املاح گچی و مارنی به آب های زیرزمینی موجود در امتداد این پروفیل باشد. مقاومت ویژه لایه آبدار در محدوده ۱۵ تا ۱۱۰ اهم متر قرار می گیرد.

ج) لایه آخر: آخرین لایه تفکیک شده سنگ کف مقاوم را مشخص می سازد. این لایه احتمالاً از

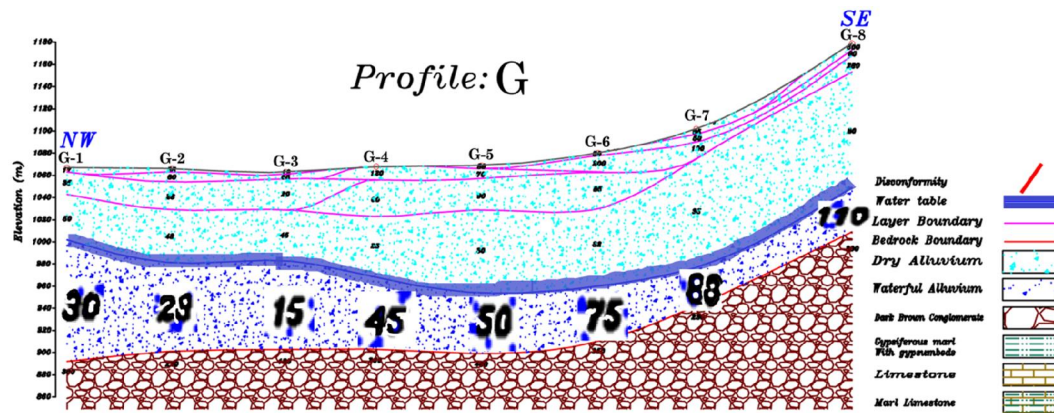
سنگ های کنگلومرایی که دارای مقادیری املاح گچی و مارنی و احتمالاً به صورت سیمان کنگلومراها هستند، تشکیل شده است. مقاومت ویژه این لایه در محدوده ۱۸۰ تا ۴۰۰ اهم متر قرار می گیرد. در این لایه نیز مقاومت ویژه کنگلومراها نسبت به پروفیل های قبلی مقداری کاهش نشان می دهد که می تواند به دلیل مشابه با لایه های فوقانی، به خاطر نفوذ املاح سنگ های گچی و مارنی باشد. همان طور که ملاحظه می شود در این لایه نیز اغلب مقاومت های ویژه بالا به بخش های جنوبی که از سازندهای گچی و مارنی فاصله نسبی بالایی دارد، نسبت داده شده است [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰].

هم چنین براساس مقاومت های بدست آمده برای شرایط مختلف زمین شناسی و داده های تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد این پروفیل نتایج ارائه شده در جدول ۷-۴ بدست آمده است.

جدول ۷-۴- نتایج حاصل از داده های تفسیر انجام شده با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد پروفیل G [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

جنس	حداقل مقاومت ویژه	حداکثر مقاومت ویژه
آبرفت دانه ریز خشک	۲۰	۳۵
آبرفت دانه متوسط خشک	۴۵	۹۵
آبرفت دانه درشت خشک	۱۲۰	۵۰۰
آبرفت آب دار	۱۵	۱۱۰
سنگ کف کنگلومرایی	۱۸۰	۴۰۰

با توجه به توضیحات اخیر خط پررنگ رسم شده بر روی مقطع زمین شناسی مبین سطح آب زیرزمینی است.



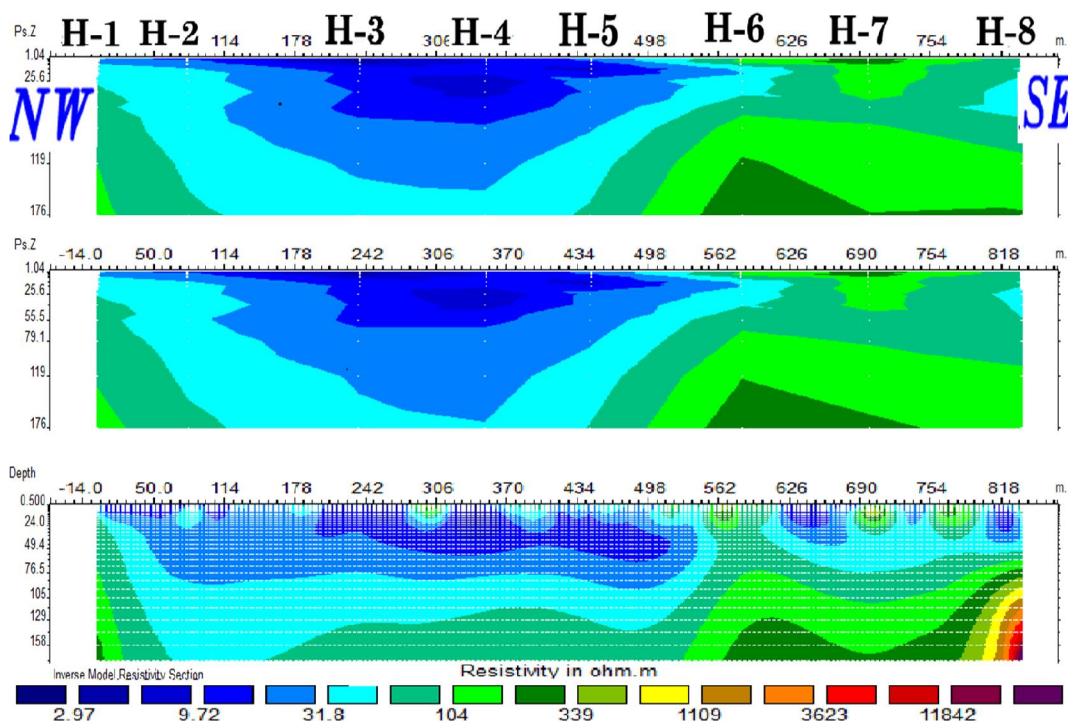
شکل ۴-۱۵- مقطع زمین شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل G [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

۴-۳-۸- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل H

با توجه به نتایج حاصل از تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IX1D و VES و اطلاعات زمین شناسی منطقه می توان به تفسیر کامل مقاطع حاصل از نرم افزار RES2DINV است. همان طور که در شکل ۴-۲۳ مشاهده می شود از سه بخش تشکیل شده، که دو بخش ابتدایی مقطع مقاومت ویژه حاصل از داده های خام حاصل از برداشت صحرایی بوده و بخش پایینی مربوط به پردازش اطلاعات صحرایی توسط نرم افزار RES2DINV است. بنا به این شکل در محدوده سونداژهای H-۱ تا H-۵ مقاومت ویژه سطحی بسیار پایین است، و مربوط به وجود املاح زیاد در سطح زمین می باشد و این وضعیت تقریباً تا اعماق بیشتر نیز حاکم است. علت این امر مجاورت سازندهای گچی و مارنی در شمال منطقه است، که باعث پیدایش آبرفت ریزدانه شده و آب حاصل از چاه های این ناحیه دارای درصد بالایی از املاح گشته و آبدهی پایینی دارند. از این رو مناسب برای حفر چاه نیستند. در محدوده سونداژ H-۵ و H-۶ شاهد تغییرات شدید، در مقاومت ویژه جانبی هستیم، که به علت وجود گسل با امتداد شمال شرقی-جنوب غربی است. در سونداژ H-۶ تا H-۸ مقاومت ویژه رو به افزایش است، که علت آن وجود سازندهای آهکی و کنگلومرایی در جنوب منطقه است و باعث تشکیل آبرفت دانه درشت گشته است. در این خط برداشت بهترین مکان برای حفر چاه ناحیه بین سونداژهای H-۶ تا H-۸ است. همچنین وجود چاه های تپه غزالدین با سطح آب ۷۱ متر در محدوده سونداژ H-۱ و چاه

اکتشافی زاهدی با سطح آب ۵۷ متر در مجاورت سونداژ H-۴ و نیز چاه غرب میامی با سطح آب ۷۴ متر در نزدیکی سونداژ H-۵ می تواند ما را در تعیین سطح آب منطقه یاری دهند.

شبه مقطع مدل سازی وارون داده های سونداژهای واقع بر روی پروفیل H که با استفاده از نرم افزار RES2DINV بدست آمده در شکل ۴-۲۳ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۶- نتایج مدل سازی دوبعدی داده های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل H با استفاده از نرم افزار RES2DINV

در مقطع زمین شناسی متناظر با این پروفیل که با استفاده از داده های خام مقاومت ویژه ظاهری

برداشت شده در عملیات صحرایی در شکل ۴-۲۴ نشان داده شده لایه های زیر دیده می شود:

الف) لایه سطحی: عموماً از آبرفت های ریزدانه تا دانه درشت و خشک یا با رطوبت کم تشکیل شده است. این لایه با توجه به تغییرات در ابعاد دانه بندی آبرفت ها و نیز میزان رطوبت و املاح آن ها به چند بخش قابل تفکیک بوده است که واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار را مشخص می سازد. این واحدها دارای تغییرات می باشند که دلیل آن قرارگیری محل برداشت سونداژهای این پروفیل در شرایط زمین شناسی نسبتاً متفاوت سطحی است. بخش هایی از این لایه که از حداقل

مقاومت ویژه برخوردار است، از املاح بیشتری برخوردار بوده و دانه‌ریزتراند. محل برداشت سونداژهای نیمه شمالی از چنین شرایطی برخوردار است. ولی بخش‌هایی که از مقاومت ویژه نسبی بالاتری برخوردارند براساس مشاهدات صحرایی نسبتاً دانه‌درشت‌تراند و در نتیجه تخریب فیزیکی و شیمیایی سنگ‌های کنگلومرایی تشکیل شده‌اند. در واحدهای تفکیک شده آبرفتی خشک، اغلب بخش‌های زیر سطحی از مقاومت ویژه کمتری برخوردارند که دلیل آن می‌تواند وجود مقادیری رطوبت به همراه املاح باشد و یا می‌تواند به دلیل کاهش شدت هوازدهی آبرفت‌های زیرسطحی باشد. مقادیر مقاومت ویژه در واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار محدود به ۳/۵ تا ۲۲۰ اهم‌متر می‌باشد. ضخامت این واحدها نیز در محدوده ۴۸ تا ۹۰ متر می‌باشد. در واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار تغییرات جانبی در حدفاصل سونداژهای H-5 و H-6 به حداکثر می‌رسد که احتمالاً به خاطر تغییرات شدید در جنس و دانه‌بندی آبرفت‌ها باشد. وجود یا عدم وجود املاح نیز می‌تواند از دلایل چنین تغییراتی شمرده شود. بنابراین می‌توان به وجود یک ناپیوستگی در حدفاصل سونداژهای مذکور اشاره داشت. احتمال وجود چنین ناپیوستگی به توسط خطی مورب و بریده در مقطع ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نمایش داده شده است.

(ب) لایه دوم: دومین لایه تفکیک شده از آبرفت‌های آبدار با دانه‌بندی عمدتاً ریزدانه تا دانه‌متوسط تشکیل شده است. این لایه که از تغییرات جانبی در مقادیر مقاومت ویژه در جهت افقی برخوردار است، از ضخامت محدود به ۲۵ تا ۱۲۱ متر برخوردار است. همان‌طور که در مقطع مربوطه نیز مشخص است آب‌های نسبتاً شور در این پروفیل وجود دارند ولی به نظر می‌رسد که آب‌های زیرزمینی از املاح کمتری برخوردار باشند. در این لایه نیز مشابه با آبرفت‌های خشک بیشترین تغییرات جانبی به محدوده سونداژهای H-5 و H-6 نسبت داده شده است، که می‌تواند به وجود یک ناپیوستگی در حدفاصل سونداژهای مذکور اشاره داشته باشد. احتمال وجود چنین ناپیوستگی که در ادامه ناپیوستگی لایه‌های فوقانی است، به توسط خطی مورب و بریده در مقطع ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نمایش داده شده است. با توجه به تغییرات جانبی نسبتاً بالا در مقادیر مقاومت ویژه ظاهری

در محدوده سونداژهای مذکور شاید بتوان این محدوده را به عنوان مرز آب شور و نیمه‌شیرین یا شیرین مشخص نمود. مقاومت ویژه لایه آبدار در محدوده ۲۵ تا ۸۰ اهم‌متر قرار می‌گیرد. البته با توجه به بالا بودن مقاومت ویژه لایه آبدار در بخش‌های ابتدایی این پروفیل، به نظر نمی‌رسد که در این محدوده‌ها لایه آبدار از املاح بالایی برخوردار باشد.

(ج) لایه آخر: آخرین لایه تفکیک شده سنگ کف مقاوم و متراکم را مشخص می‌سازد. این لایه در محدوده سونداژهای H-1 تا H-5 (با توجه به میزان مقاومت ویژه آن‌ها و بر اساس سایر اطلاعات زمین‌شناسی) احتمالاً از سنگ‌های مارن گچ‌دار به همراه لایه‌های گچی و در محدوده سونداژهای H-6 تا H-8 مشابه با پروفیل‌های قبلی از سنگ‌های کنگلومرایی تشکیل شده است. دلیل اطلاق تغییرات در جنس سنگ کف غیر از اطلاعات زمین‌شناسی، تغییرات شدیدی است که در مقادیر مقاومت ویژه سنگ کف مشاهده شده است. مقاومت ویژه این لایه در محدوده مارن‌های گچی در محدوده ۱۳۰ تا ۲۰۰ اهم‌متر و در محدوده کنگلومراها در محدوده ۳۰۰ تا ۴۸۰ و اهم‌متر قرار می‌گیرد [سازمان آب منطقه‌ای سمنان، ۱۳۹۰].

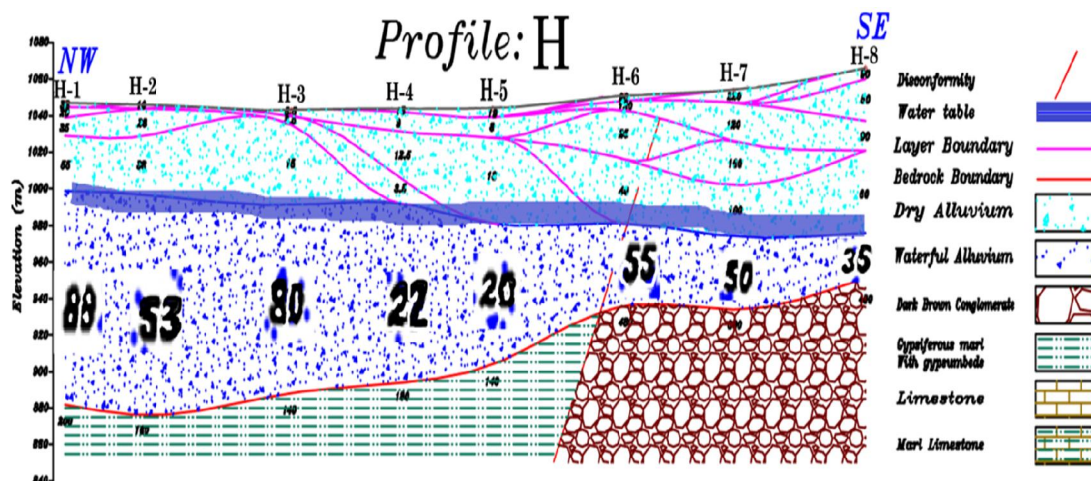
هم‌چنین براساس مقاومت‌های بدست آمده برای شرایط مختلف زمین‌شناسی و داده‌های تفسیر با منحنی‌های استاندارد و نرم‌افزارهای IXID و VES در امتداد این پروفیل نتایج ارائه شده در جدول ۴-۸ بدست آمده است.

جدول ۴-۸- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر دستی و نرم‌افزاری در امتداد پروفیل H [سازمان آب منطقه‌ای سمنان، ۱۳۹۰]

جنس	حداقل مقاومت ویژه	حداکثر مقاومت ویژه
آبرفت دانه‌ریز خشک	۳/۵	۴۰
آبرفت دانه متوسط خشک	۵۰	۱۰۰
آبرفت دانه درشت خشک	۱۲۰	۲۲۰
آبرفت آبدار	۲۵	۸۰
سنگ کف مارن گچی	۱۳۰	۲۰۰
سنگ کف کنگلومرا	۳۰۰	۴۸۰

با توجه به توضیحات اخیر خط پررنگ رسم شده بر روی مقطع زمین‌شناسی مبین سطح آب

زیرزمینی است.

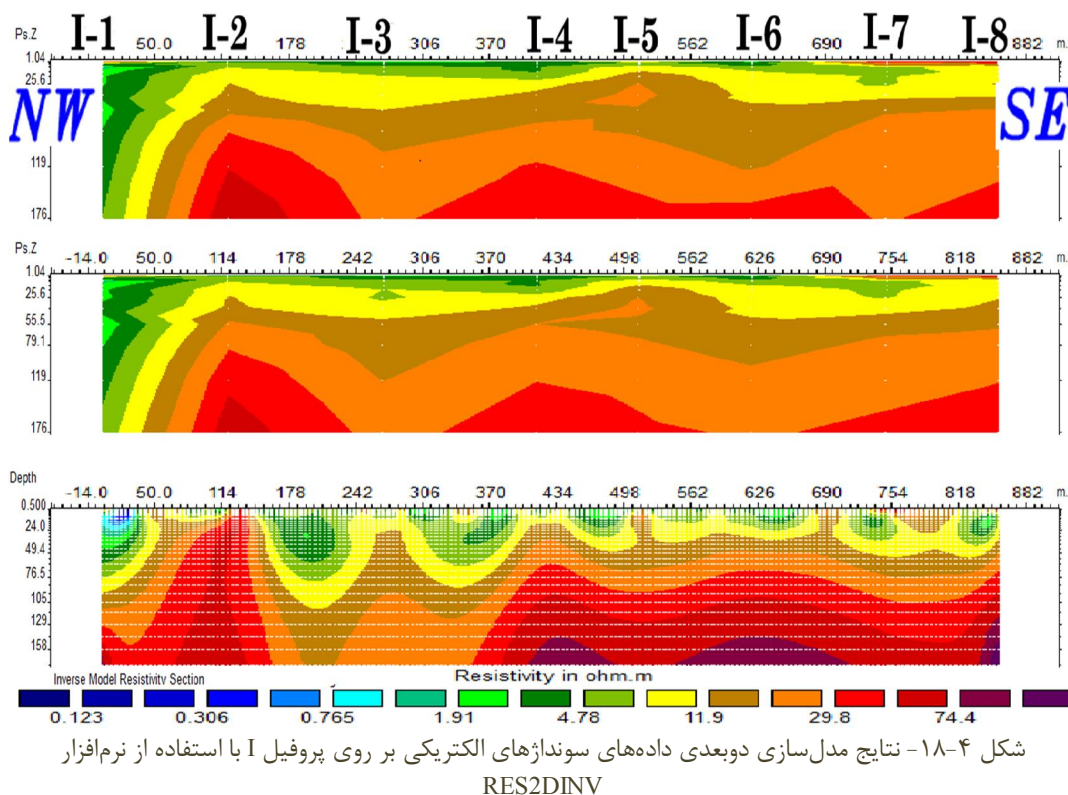


شکل ۴-۱۷- مقطع زمین شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل H [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

۴-۳-۹- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل I

با توجه به اطلاعات زمین شناسی منطقه و نیز نتایج تفسیر یک بعدی به تفسیر کامل مقطع مقاومت ویژه ظاهری حاصل از نرم افزار RES2DINV می پردازیم. همان طور که در شکل ۴-۲۵ مشاهده می شود تغییرات جانبی مقاومت ویژه ظاهری پایین است. تنها آشفتگی موجود مربوط به محدوده سونداژهای I-۳ و I-۴ می باشد، نیمه شمالی خط برداشت دارای مقاومت بسیار پایین بوده که این وضعیت تا اعماق بیشتر نیز به همین منوال است که می توان آن را به شور بودن آب های زیر زمینی نسبت داد. در قسمت های جنوبی خط برداشت کیفیت آب زیر زمینی بهتر شده و می توان سونداژ I-۴ را مرز بین آب شور و نیمه شیرین دانست. لذا این محدوده مناسب برای حفر چاه نمی باشد.

شبه مقطع مدل سازی وارون داده های سونداژهای واقع بر روی پروفیل I که با استفاده از نرم افزار RES2DINV بدست آمده در شکل ۴-۲۵ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۸- نتایج مدل سازی دوبعدی داده های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل I با استفاده از نرم افزار RES2DINV

در مقطع زمین شناسی متناظر با این پروفیل که با استفاده از داده های خام مقاومت ویژه ظاهری

برداشت شده در عملیات صحرائی در شکل ۴-۲۶ نشان داده شده لایه های زیر دیده می شود:

الف) لایه سطحی: عموماً از آبرفت های ریزدانه تا دانه متوسط و خشک یا با رطوبت کم تشکیل شده است. این لایه با توجه به تغییرات در ابعاد دانه بندی آبرفت ها و نیز میزان رطوبت و املاح آن ها به چند بخش قابل تفکیک بوده است که واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار را مشخص می سازد. این واحدها دارای تغییرات می باشند که دلیل آن قرارگیری محل برداشت سونداژهای در شرایط زمین شناسی نسبتاً متفاوت سطحی است. بخش هایی از این لایه که از حداقل مقاومت ویژه برخوردار است، از املاح بیشتری برخوردار بوده و دانه ریزتراند. خاک های هوازده رسی به همراه ماسه ها و البته به همراه املاح گچی تشکیل دهنده این آبرفت ها می باشند. در بخش هایی مانند ابتدای شمالی این شبه مقطع که مقاومت ویژه ظاهری از حداقل مقادیر برخوردار است، املاح گچی از درصد بالاتری برخوردار است. مقادیر مقاومت ویژه در واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار محدود به ۱ تا ۵۵

اهمتر می باشد. در واحدهای سطحی محل برداشت سونداژهای I-7 و I-8، افزایش نسبی ابعاد دانه بندی آبرفت ها در حد ماسه و ندرتاً شن و البته هوازدگی شدید و خشک بودن آن ها موجب افزایش مقدار مقاومت ویژه در این محدوده ها شده است. ضخامت واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار در محدوده ۵۰ تا ۷۳ متر دارای تغییرات است.

(ب) لایه دوم: دومین لایه تفکیک شده از آبرفت های آبدار با دانه بندی عمدتاً ریزدانه تشکیل شده است. این لایه که از تغییرات جانبی در مقادیر مقاومت ویژه در جهت افقی برخوردار است، از ضخامت محدود به ۴۰ تا ۱۱۵ متر برخوردار است. همان طور که در مقطع مربوطه نیز مشخص است آب های نسبتاً شور در این پروفیل اغلب در بخش های شمالی آن متمرکز شده اند و آب های زیرزمینی موجود در خلل و فرج آبرفت های بخش های مرکزی و جنوبی آن از املاح کمتری برخوردارند. با توجه به تغییرات جانبی موجود در مقادیر مقاومت ویژه ظاهری در محدوده سونداژهای I-3 و I-4 شاید بتوان این محدوده را به عنوان مرز آب شور و نیمه شیرین یا شیرین مشخص نمود. مقاومت ویژه لایه آبدار در محدوده ۳/۲ تا ۲۶ اهمتر قرار می گیرد.

(ج) لایه آخر: آخرین لایه تفکیک شده سنگ کف متراکم را مشخص می سازد. این لایه با توجه به میزان مقاومت ویژه آن ها و بر اساس سایر اطلاعات زمین شناسی احتمالاً از سنگ های مارن گچ دار به همراه لایه های گچی تشکیل شده است. مقاومت ویژه این لایه در محدوده ۲۰ تا ۱۸۰ اهمتر قرار می گیرد. تغییرات جانبی موجود در این لایه می تواند به دلیل تغییرات در املاح گچی و تا حدودی تغییرات در میزان نفوذ آب های لایه های آبدار فوقانی آن باشد. تغییرات در میزان هوازدگی سنگ کف نیز می تواند چنین تغییراتی را ایجاد کند [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰].

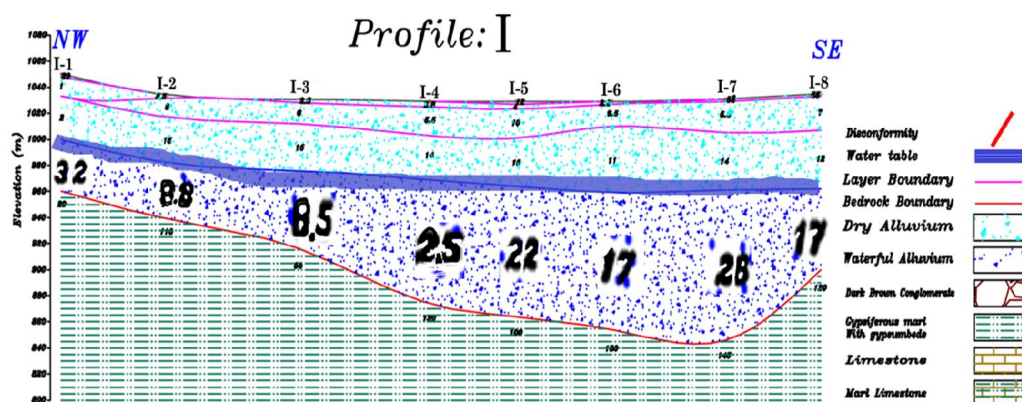
هم چنین براساس مقاومت های بدست آمده برای شرایط مختلف زمین شناسی و داده های تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد این پروفیل نتایج ارائه شده در جدول ۹-۴ بدست آمده است.

جدول ۹-۴- نتایج حاصل از داده های تفسیر انجام شده با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد

پروفیل I [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

جنس	حداقل مقاومت ویژه	حداکثر مقاومت ویژه
آبرفت دانه ریز خشک	۱	۳۰
آبرفت دانه متوسط خشک	۵۵	۵۵
آبرفت آبدار	۳/۲	۲۶
سنگ کف مارن گچی	۲۰	۱۸۰

با توجه به توضیحات اخیر خط پررنگ رسم شده بر روی مقطع زمین شناسی مبین سطح آب زیرزمینی است.



شکل ۴-۱۹- مقطع زمین شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل I [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

۴-۳-۱۰- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل J

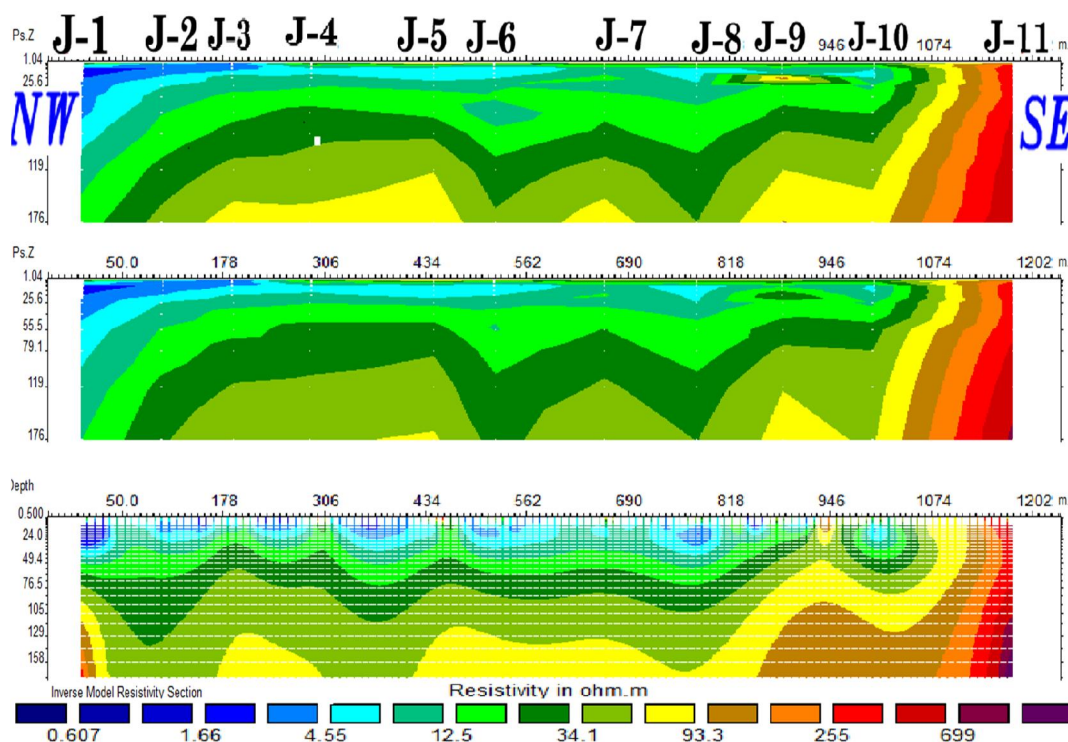
با استفاده از اطلاعات زمین شناسی منطقه و نتایج حاصل از تفسیر نرم افزارهای IX1D و VES به تفسیر کامل مقطه مقاومت ویژه ظاهری حاصله از نرم افزار RES2DINV می پردازیم. شکل ۴-۲۷ مربوط به خروجی نرم افزار RES2DINV است، که از سه بخش مجزا تشکیل یافته است. دو بخش ابتدایی مقطع حاصل از داده های خام و بخش انتهایی مربوط به پردازش داده های مقاومت ویژه ظاهری برداشت شده در عملیات صحرائی است. تغییرات مقاومت ویژه شدیدی را در محدوده سونداژهای ۱۰- J و J-۱۱ شاهد هستیم، که به علت وجود گسل با امتداد شمال شرقی- جنوب غربی است، که این خط برداشت را به دو قسمت با خصوصیات مجزا تقسیم می کند. در قسمت شمالی مقاومت ویژه بسیار

پایین بوده که متاثر از سازندهای گچی و مارنی واقع در شمال منطقه است، و باعث پیدایش آبرفت با دانه بندی ریز در حد رس گشته که با توجه به مقاومت ویژه بسیار پایین انتظار می رود آب موجود در این آبرفت آبدار نیمه شور و با املاح بالا باشد، که به هیچ وجه مناسب جهت حفر چاه نمی باشد. تنها در قسمت پایین گسل مقاومت ویژه ظاهری مربوط به آب شیرین است، که مربوط به محدوده سونداژ J-۱۱ می شود. زیرا آبرفت این منطقه درشت دانه بوده، که تحت تأثیر سازندهای آهکی و کنگلومرایی در مجاورت آن است.

همچنین می توان از چاه های موجود مثل چاه موسوی با سطح آب ۵۱ متر در محدوده سونداژ J-۲ و چاه حسن آباد با سطح آب ۲۹ متر در محدوده سونداژ J-۷ و نیز چاه ابراهیم آباد با سطح آب ۱۰۷ متر در محدوده سونداژ J-۱۱ برای تعیین سطح آب منطقه کمک گرفت.

شبه مقطع مدل سازی وارون داده های سونداژهای واقع بر روی پروفیل J که با استفاده از نرم افزار

RES2DINV بدست آمده در شکل ۴-۲۷ نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۰- نتایج مدل سازی دوبعدی داده های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل J با استفاده از نرم افزار

RES2DINV

در مقطع زمین شناسی متناظر با این پروفیل که با استفاده از داده های خام مقاومت ویژه ظاهری برداشت شده در عملیات صحرایی در شکل ۴-۲۸ نشان داده شده لایه های زیر دیده می شود:

(الف) لایه سطحی: عموماً از آبرفت های ریزدانه تا دانه درشت و خشک یا با رطوبت کم تشکیل شده است. این لایه با توجه به تغییرات در ابعاد دانه بندی آبرفت ها و نیز میزان رطوبت و املاح آن ها به چند بخش قابل تفکیک بوده است که واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار را مشخص می سازد. این واحدها دارای تغییرات می باشند که دلیل آن قرارگیری محل برداشت سونداژهای در شرایط زمین شناسی نسبتاً متفاوت سطحی است. بخش هایی از این لایه که از حداقل مقاومت ویژه برخوردار است، از املاح بیشتری برخوردار بوده و دانه ریزتراند. محل برداشت سونداژهای J-1 تا J-10 از چنین شرایطی برخوردار است. ولی بخش هایی که از مقاومت ویژه نسبی بالاتری برخوردارند براساس مشاهدات صحرایی نسبتاً دانه درشت تراند و در نتیجه تخریب فیزیکی و شیمیایی سنگ های کنگلومرایی تشکیل شده اند. در امتداد پروفیل G محل برداشت سونداژ شماره J-11 از چنین شرایطی برخوردار است. در واحدهای تفکیک شده آبرفتی خشک، اغلب بخش های زیر سطحی از مقاومت ویژه کمتری برخوردارند که دلیل آن می تواند وجود مقادیری رطوبت به همراه املاح باشد و یا می تواند به دلیل کاهش نسبی شدت هوازگی آبرفت های زیر سطحی باشد. مقادیر مقاومت ویژه در واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار محدود به $1/2$ تا 500 اهم متر می باشد. ضخامت این واحدها نیز در محدوده 50 تا 90 متر قرار دارد. در واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار تغییرات جانبی در حدفاصل سونداژهای J-10 و J-11 به حداکثر می رسد که احتمالاً به خاطر تغییرات شدید در جنس و دانه بندی آبرفت ها می باشد. وجود یا عدم وجود املاح نیز می تواند از دلایل چنین تغییراتی شمرده شود. بنابراین می توان به وجود یک ناپیوستگی در حدفاصل سونداژهای مذکور اشاره داشت. احتمال وجود چنین ناپیوستگی به توسط خطی مورب و بریده در مقطع ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نمایش داده شده است.

(ب) لایه دوم: دومین لایه تفکیک شده از آبرفت های آبدار با دانه بندی عمدتاً ریزدانه و در

انتهای جنوبی مقطع با دانه‌بندی درشت‌دانه تشکیل شده است. این لایه که از تغییرات جانبی در مقادیر مقاومت ویژه در جهت افقی برخوردار است، از ضخامت محدود به ۳۵ تا ۱۲۸ متر برخوردار است. همان‌طور که در مقطع مربوطه نیز مشخص است آب‌های نسبتاً شور در این پروفیل در ابتدای شمالی آن قرار دارند، ولی به نظر می‌رسد که آب‌های زیرزمینی از املاح کمتری برخوردار باشند. در این لایه نیز مشابه با آبرفت‌های خشک بیشترین تغییرات جانبی به محدوده سونداژهای J-10 و J-11 نسبت داده شده است که می‌توان به وجود یک ناپیوستگی در حدفاصل سونداژهای مذکور اشاره داشت. احتمال وجود چنین ناپیوستگی که در ادامه ناپیوستگی لایه‌های فوقانی است، به توسط خطی مورب و بریده در مقطع ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نمایش داده شده است. با توجه به تغییرات جانبی نسبتاً بالا در مقادیر مقاومت ویژه ظاهری در محدوده سونداژهای مذکور شاید بتوان این محدوده را به عنوان مرز آب شور و نیمه‌شیرین یا شیرین مشخص نمود. البته قابل ذکر است که آبرفت‌های آبدار در محدوده سونداژهای J-2 تا J-10 نمی‌توانند از املاح زیادی برخوردار باشند زیرا دارای مقاومت ویژه بالاتری نسبت به مقاومت ویژه لایه‌های آبدار با آب شور دارند. مقاومت ویژه لایه آبدار در محدوده ۶ تا ۴۵۰ اهم‌متر قرار می‌گیرد.

ج) لایه آخر: آخرین لایه تفکیک شده سنگ کف مقاوم و متراکم را مشخص می‌سازد. این لایه در محدوده سونداژهای J-1 تا J-10 (با توجه به میزان مقاومت ویژه آن‌ها و بر اساس سایر اطلاعات زمین‌شناسی) احتمالاً از سنگ‌های مارن گچ‌دار به همراه لایه‌های گچی و در محدوده سونداژ شماره J-11 از سنگ‌های کنگلومرایی تشکیل شده است. دلیل اطلاق تغییرات در جنس سنگ کف غیر از اطلاعات زمین‌شناسی، تغییرات شدیدی است که در مقادیر مقاومت ویژه سنگ کف مشاهده شده است. مقاومت ویژه این لایه در محدوده مارن‌های گچی در محدوده ۹۰ تا ۲۵۰ اهم‌متر و در محدوده کنگلومرها در حدود ۸۰۰ اهم‌متر قرار می‌گیرد. تغییرات جانبی شدید در حدفاصل سونداژهای J-10 و J-11 وجود ناپیوستگی در جنس سنگ کف را می‌تواند مشخص سازد. این ناپیوستگی که در ادامه ناپیوستگی‌های موجود در لایه‌های آبرفتی می‌باشد، به توسط خطی مورب و بریده در مقطع

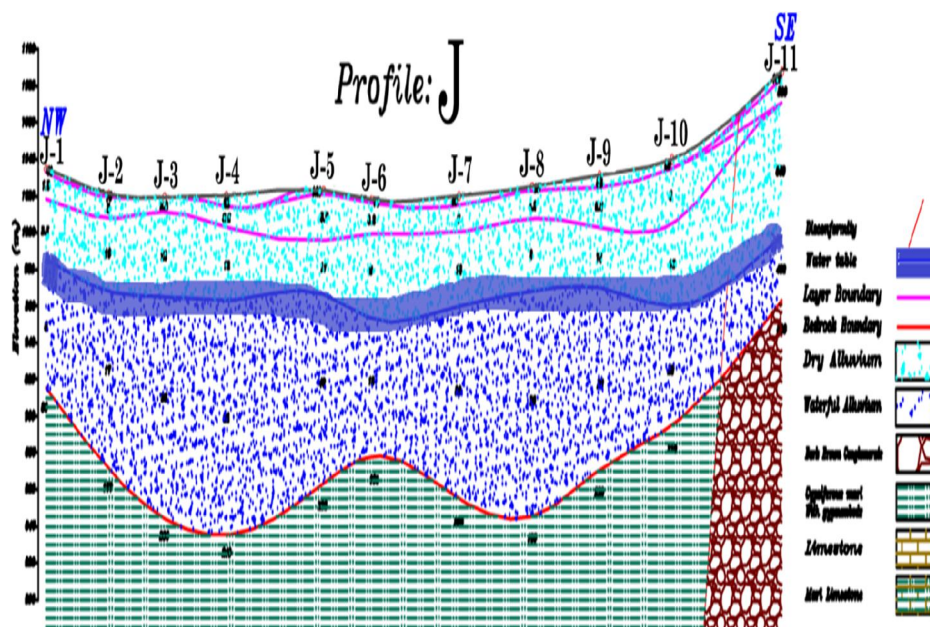
ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نمایش داده شده است. به نظر می رسد که این ناپیوستگی از نوع همبری سازندی باشد [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰].

همچنین براساس مقاومت های بدست آمده برای شرایط مختلف زمین شناسی و داده های تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد این پروفیل نتایج ارائه شده در جدول ۴-۱۰ بدست آمده است.

جدول ۴-۱۰- نتایج حاصل از داده های تفسیر انجام شده با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد پروفیل J [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

جنس	حداقل مقاومت ویژه	حداکثر مقاومت ویژه
آبرفت دانه ریز خشک	۱/۲	۴۰
آبرفت دانه متوسط خشک	۵	۷۰
آبرفت دانه درشت خشک	۱۲۰	۵۰۰
آبرفت آبدار	۶	۴۵۰
سنگ کف مارن گچی	۹۰	۲۵۰
سنگ کف کنگلومرا	۸۰۰	۸۰۰

با توجه به توضیحات اخیر خط پررنگ رسم شده بر روی مقطع زمین شناسی مبین سطح آب زیرزمینی است.



شکل ۴-۲۱- مقطع زمین شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل G [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

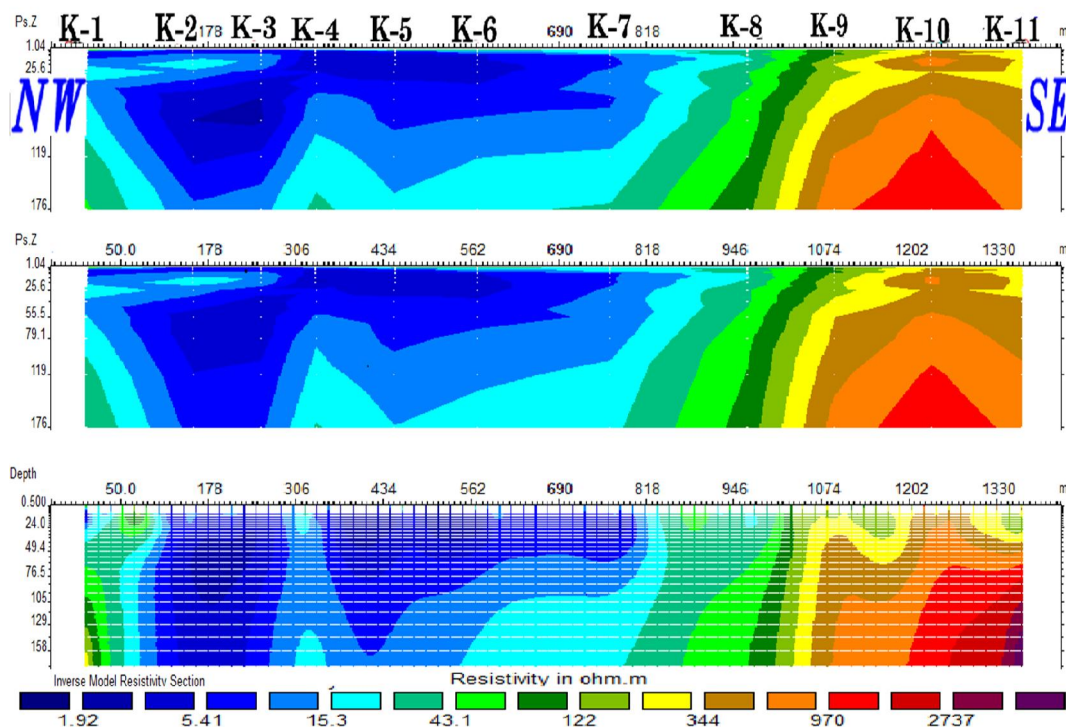
۴-۳-۱۱- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل K

با توجه به اطلاعات زمین شناسی و نتایج حاصل از تفسیر یک بعدی با توجه به خروجی نرم افزار RES2DINV که در شکل ۴-۲۹ مشاهده می شود می توان به ناپیوستگی جانبی شدیدی که در محدوده سونداژهای K-۸ و K-۹ وجود دارد اشاره کرد که حاکی از وجود گسل در این منطقه است. این گسل باعث شده تا خصوصیات آبرفت دو طرف گسل متفاوت و متأثر از سازندهای موجود در دو طرف باشد. مقاومت ویژه بسیار پایین در محدوده سونداژهای K-۱ تا K-۸ بیان گر ریزدانه بودن آبرفت و وجود درصد بالای املاح است، و چون مقاومت ویژه ظاهری به زیر ۱۰ اهم متر می رسد، لذا وجود نمک در این ناحیه دور از انتظار نیست. از این رو این ناحیه مناسب برای حفر چاه نیست. در محدوده بین سونداژهای K-۹ تا K-۱۱ دلیل بالا بودن مقاومت ویژه درشت دانه بودن آبرفت لایه آبدار است که به علت مجاورت با سازندهای آهکی و کنگلومرایی ایجاد شده است و بر اساس نمودار RES2DINV مناسب جهت حفر چاه می باشند.

همچنین می توان برای تعیین سطح آب از چاه های موجود در منطقه بهره جست که در اینجا چاه امین آباد اخوت با سطح آب ۲۱ متر در محدوده سونداژ K-۶ و چاه علیزاده با سطح آب ۸۰ متر در محدوده سونداژ K-۷ و نیز چاه نصرت آباد با سطح آب ۱۳۶ متر در محدوده سونداژ K-۱۰ واقع شده اند.

شبه مقطع مدل سازی وارون داده های سونداژهای واقع بر روی پروفیل K که با استفاده از نرم افزار

RES2DINV بدست آمده در شکل ۴-۲۹ نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۲- نتایج مدل سازی دوبعدی داده های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل K با استفاده از نرم افزار

RES2DINV

در مقطع زمین شناسی متناظر با این پروفیل که با استفاده از داده های خام مقاومت ویژه ظاهری

برداشت شده در عملیات صحرایی در شکل ۴-۳۰ نشان داده شده لایه های زیر دیده می شود:

الف) لایه سطحی: عموماً از آبرفت های ریزدانه تا دانه درشت و خشک یا با رطوبت کم تشکیل شده است. این لایه با توجه به تغییرات در جنس و ابعاد دانه بندی آبرفت ها و نیز میزان رطوبت و املاح آن ها به چند بخش قابل تفکیک بوده است که واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار را مشخص می سازد. این واحدها دارای تغییرات می باشند که دلیل آن قرارگیری محل برداشت سونداژها در شرایط زمین شناسی نسبتاً متفاوت سطحی است. بخش هایی از این لایه که از حداقل مقاومت ویژه برخوردار است، از املاح بیشتری برخوردار بوده و دانه ریزتراند. این محدوده ها اغلب بر روی آبرفت هایی که نتیجه تخریب فیزیکوشیمیایی مارن ها و گچ ها می باشند، برداشت شده اند. محل برداشت سونداژهای K-1 تا K-8 از چنین شرایطی برخوردار است. ولی بخش هایی که از مقاومت ویژه نسبی بالاتری برخوردارند براساس مشاهدات صحرایی نسبتاً دانه درشت تراند و در نتیجه تخریب

فیزیکیوشیمیایی سنگ های آهکی تشکیل شده اند. در امتداد پروفیل K محل برداشت سونداژهای K-9 تا K-11 از چنین شرایطی برخوردارند. در واحدهای تفکیک شده آبرفتی خشک، اغلب بخش های زیر سطحی از مقاومت ویژه کمتری برخوردارند که دلیل آن می تواند وجود مقادیری رطوبت به همراه املاح باشد و یا می تواند به دلیل کاهش شدت هوازگی آبرفت های زیرسطحی باشد. مقادیر مقاومت ویژه در واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار محدود به ۲/۸ تا ۱۰۰۰ اهم متر می باشد. ضخامت این واحدها نیز در محدوده ۲۷ تا ۵۷ متر می باشد. در واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار تغییرات جانبی در حدفاصل سونداژهای K-8 و K-9 به حداکثر می رسد که احتمالاً به خاطر تغییرات شدید در جنس و دانه بندی آبرفت ها می باشد. وجود یا عدم وجود املاح نیز می تواند از دلایل چنین تغییراتی شمرده شود. بنابراین می توان به وجود یک ناپیوستگی در حدفاصل سونداژهای مذکور اشاره داشت. احتمال وجود چنین ناپیوستگی به توسط خطی مورب و بریده در مقطع ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نمایش داده شده است.

ب) لایه دوم: دومین لایه تفکیک شده از آبرفت های آبدار با دانه بندی عمدتاً ریزدانه و در بخش های جنوبی مقطع با دانه بندی درشت دانه تشکیل شده است. این لایه که از تغییرات جانبی در مقادیر مقاومت ویژه در جهت افقی برخوردار است، از ضخامت محدود به ۷۳ تا ۱۴۸ متر برخوردار است. همان طور که در مقطع مربوطه نیز مشخص است آب های نسبتاً شور در این پروفیل در بخش های شمالی آن قرار دارند و به نظر می رسد که آب های زیرزمینی از املاح زیادی برخوردار باشند. در این لایه نیز مشابه با آبرفت های خشک بیشترین تغییرات جانبی به محدوده سونداژهای K-8 و K-9 نسبت داده شده است که می توان به وجود یک ناپیوستگی در حدفاصل سونداژهای مذکور اشاره داشت. احتمال وجود چنین ناپیوستگی که در ادامه ناپیوستگی لایه های فوقانی است، به توسط خطی مورب و بریده در مقطع ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نمایش داده شده است. با توجه به تغییرات جانبی نسبتاً بالا در مقادیر مقاومت ویژه ظاهری در محدوده سونداژهای مذکور شاید بتوان این محدوده را به عنوان مرز آب شور و نیمه شیرین یا شیرین مشخص نمود. البته قابل ذکر است که

آبرفت های آبدار در محدوده سونداژهای K-1 تا K-8 نیز دارای تغییرات نسبتاً بالایی در میزان املاح می باشند. مثلاً آبرفت های آبدار در محدوده سونداژهای K-2 و K-3 از املاح بسیار بالایی برخوردارند و جزء آب های بسیار شور محسوب می شوند. در حالی که سایر بخش های محدوده ای از این مقطع که در حدفاصل سونداژهای K-1 تا K-8 قرار گرفته اند، از املاح نسبی کمتری برخوردارند. در حدفاصل سونداژهای K-7 و K-8 تغییرات مشابهی اتفاق افتاده است و آب های زیرزمینی موجود در محدوده سونداژ شماره K-8 از املاح بسیار کم برخوردار بوده و حتی می تواند دارای مقادیری آبرفت های درشت دانه در حد واریزه های آهکی باشد. تغییرات جانبی مذکور به توسط خطوطی مورب به عنوان نمایش تغییرات در کیفیت آب های زیرزمینی ترسیم و نمایش داده شده است. مقاومت ویژه لایه آبدار در محدوده ۲/۵ تا ۷۰۰ اهم متر قرار می گیرد. بدیهی است آبرفت های آبدار محدوده سونداژهای K-9 تا K-11 از آب های شیرین برخوردار بوده و آبرفت ها دانه درشت تر بوده و اغلب از جنس واریزه های آهکی به همراه سایر آبرفت های درشت دانه تشکیل شده اند.

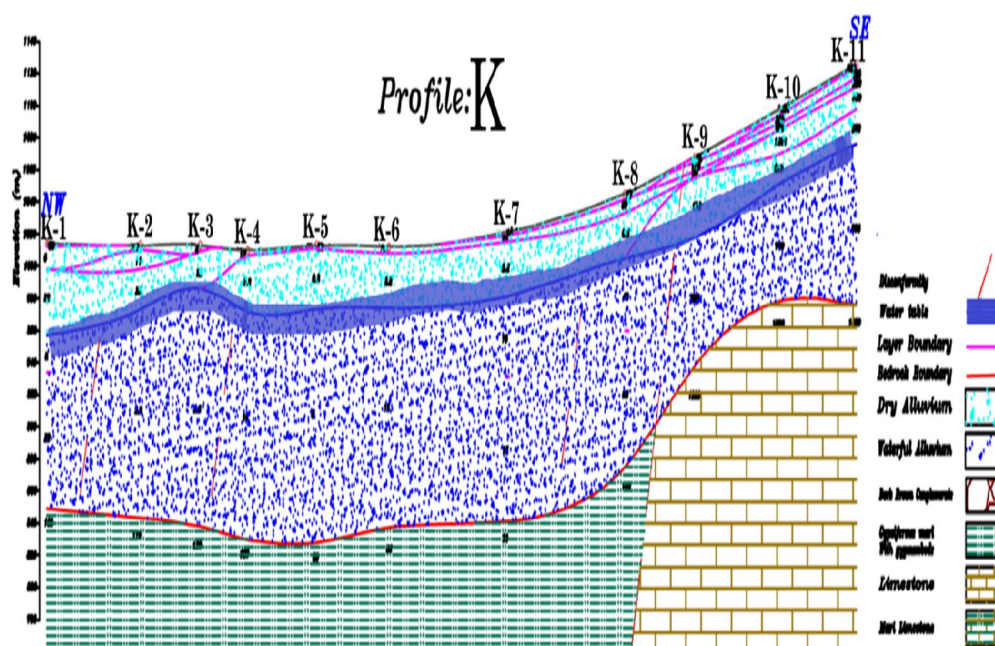
(ج) لایه آخر: آخرین لایه تفکیک شده سنگ کف مقاوم و متراکم را مشخص می سازد. این لایه در محدوده سونداژهای K-1 تا K-8 (با توجه به میزان مقاومت ویژه آنها و بر اساس سایر اطلاعات زمین شناسی) احتمالاً از سنگ های مارن گچ دار به همراه لایه های گچی و در محدوده سونداژهای K-9 تا K-11 از سنگ های آهکی تشکیل شده است. دلیل اطلاق تغییرات در جنس سنگ کف غیر از اطلاعات زمین شناسی، تغییرات شدیدی است که در مقادیر مقاومت ویژه سنگ کف مشاهده شده است. مقاومت ویژه این لایه در محدوده مارن های گچی در محدوده ۸۰ تا ۱۶۰ اهم متر و در محدوده آهک ها در محدوده ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ اهم متر قرار می گیرد. تغییرات جانبی شدید در حدفاصل سونداژهای K-8 و K-9 وجود ناپیوستگی در جنس سنگ کف را می تواند مشخص سازد. این ناپیوستگی که در ادامه ناپیوستگی های موجود در لایه های آبرفتی می باشد، به توسط خطی مورب و بریده در مقطع ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نمایش داده شده است. به نظر می رسد که این ناپیوستگی از نوع همبری سازندی باشد [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰].

همچنین براساس مقاومت های بدست آمده برای شرایط مختلف زمین شناسی و داده های تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد این پروفیل نتایج ارائه شده در جدول ۴-۱۱ بدست آمده است.

جدول ۴-۱۱- نتایج حاصل از داده های تفسیر انجام شده با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد پروفیل K [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

جنس	حداقل مقاومت ویژه	حداکثر مقاومت ویژه
آبرفت دانه ریز خشک	۲/۸	۳۷
آبرفت دانه متوسط خشک	۵۰	۹۰
آبرفت دانه درشت خشک	۱۵۰	۱۰۰۰
آبرفت آبدار	۲/۵	۷۰۰
سنگ کف مارن گچی	۸۰	۱۶۰
سنگ کف آهکی	۱۲۰۰	۱۵۰۰

با توجه به توضیحات اخیر خط پررنگ رسم شده بر روی مقطع زمین شناسی مبین سطح آب زیرزمینی است.



شکل ۴-۲۳- مقطع زمین شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل K [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

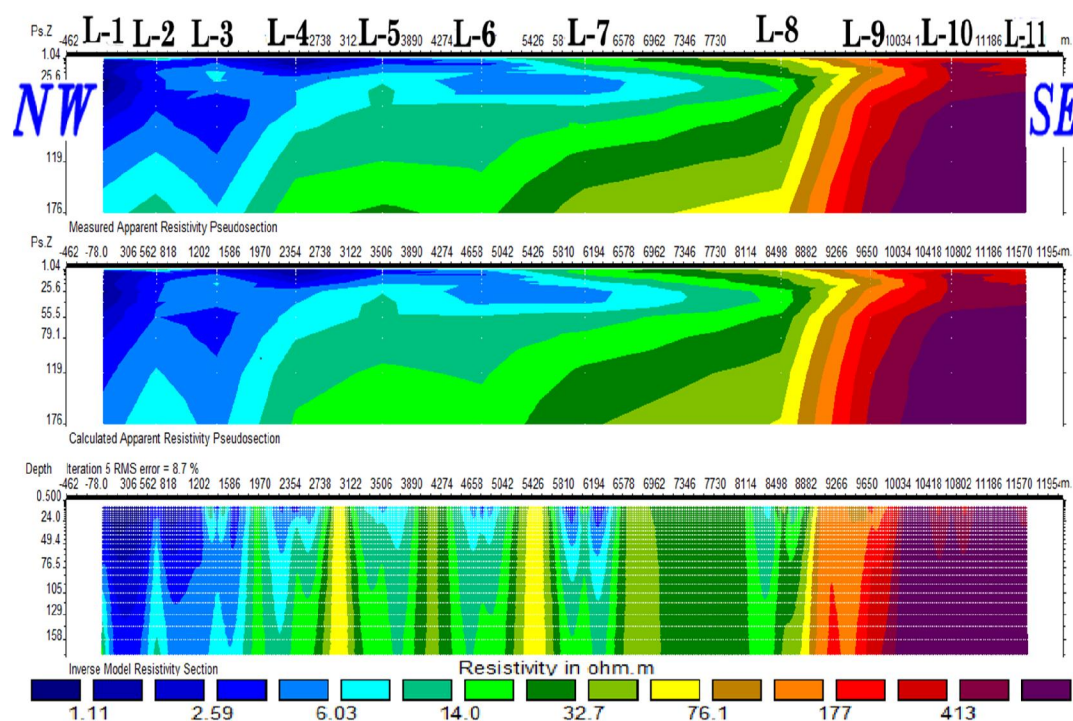
۴-۳-۱۲- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل L

بر اساس اطلاعات بدست آمده از زمین شناسی منطقه و همچنین نتایج حاصل از تفسیر با منحنی های استاندارد و همچنین نرم افزارهای یک بعدی IX1D و VES می توان به تفسیر کامل مقاطع مقاومت ویژه ظاهری خروجی نرم افزار RES2DINV پردازیم.

بنا به شکل ۴-۳۱ که مربوط به تحلیل داده های صحرائی مقاومت ویژه ظاهری توسط نرم افزار RES2DINV است در محدوده سونداژهای L-۱ تا L-۴ به دلیل مقاومت ویژه ظاهری بسیار پایین یعنی زیر ۱۰ اهم متر انتظار می رود که آب لایه آبدار شور باشد، و علاوه بر آن به دلیل ریزدانه بودن آبرفت این ناحیه، چاه های آب با آبدهی بسیار پایین روبرو خواهند شد. تغییرات شدیدی در مقاومت ویژه جانبی در محدوده سونداژهای L-۸ تا L-۹ قابل مشاهده است، که به دلیل وجود گسل با امتداد شمال شرقی-جنوب غربی می باشد که این امر باعث شده تا خصوصیات و ابعاد دانه بندی آبرفت در دو طرف متفاوت باشند. به طوری که محدوده سونداژهای L-۵ تا L-۸ با مقاومت ویژه ظاهری زیر ۴۰ اهم متر جزء آب های نیمه شور و در مقابل محدوده سونداژهای L-۸ و L-۹ مناسب جهت حفر چاه بوده و از آب با کیفیت بالاتری برخوردارند که به دلیل نزدیک بودن به سازندهای آهکی و کنگلومرایی می باشد.

همچنین می توان برای تعیین سطح آب منطقه مذکور از اطلاعات مربوط به چاه های مجاور بهره جست به طوری که چاه تاجی با سطح آب ۴۱ متر در نزدیکی سونداژ I-۷ و چاه فرزامی با سطح آب ۷۵ متر در محدوده سونداژ I-۸ واقع شده اند.

شبه مقطع مدل سازی وارون داده های سونداژهای واقع بر روی پروفیل L که با استفاده از نرم افزار RES2DINV بدست آمده در شکل ۴-۳۱ نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۳- نتایج مدل سازی دوبعدی داده های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل L با استفاده از نرم افزار RES2DINV

در مقطع زمین شناسی متناظر با این پروفیل که با استفاده از داده های خام مقاومت ویژه ظاهری

برداشت شده در عملیات صحرایی در شکل ۴-۳۲ نشان داده شده لایه های زیر دیده می شود:

الف) لایه سطحی: عموماً از آبرفت های ریزدانه تا دانه درشت و خشک یا با رطوبت کم تشکیل شده است. این لایه با توجه به تغییرات در جنس و ابعاد دانه بندی آبرفت ها و نیز میزان رطوبت و املاح آن ها به چند بخش قابل تفکیک بوده است که واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار را مشخص می سازد. این واحدها دارای تغییرات می باشند که دلیل آن قرارگیری محل برداشت سونداژها در شرایط زمین شناسی نسبتاً متفاوت سطحی است. بخش هایی از این لایه که از حداقل مقاومت ویژه برخوردار است، از املاح بیشتری برخوردار بوده و دانه ریزتراند. این محدوده ها اغلب بر روی آبرفت هایی که نتیجه تخریب فیزیکوشیمیایی مارن ها و گچ ها می باشند، برداشت شده اند. محل برداشت سونداژهای L-1 تا L-8 از چنین شرایطی برخوردار است. ولی بخش هایی که از مقاومت ویژه نسبی بالاتری برخوردارند براساس مشاهدات صحرایی نسبتاً دانه درشت تراند و در نتیجه تخریب

فیزیکی‌وشیمیایی سنگ‌های آهکی تشکیل شده‌اند. در امتداد پروفیل L محل برداشت سونداژهای L-8 تا L-11 از چنین شرایطی برخورداراند. در واحدهای تفکیک شده آبرفتی خشک، اغلب بخش‌های زیر سطحی از مقاومت ویژه کمتری برخوردارند که دلیل آن می‌تواند وجود مقادیری رطوبت به همراه املاح باشد و یا می‌تواند به دلیل کاهش شدت هوازگی آبرفت‌های زیرسطحی باشد. مقادیر مقاومت ویژه در واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار محدود به ۰/۷ تا ۷۵۰ اهم‌متر می‌باشد. ضخامت این واحدها نیز در محدوده ۳۹ تا ۷۸ متر قرار دارد. در واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار تغییرات جانبی در حدفاصل سونداژهای L-8 و L-9 به حداکثر می‌رسد که احتمالاً به خاطر تغییرات شدید در جنس و دانه‌بندی آبرفت‌ها می‌باشد. بنابراین می‌توان به وجود یک ناپیوستگی در حدفاصل سونداژهای مذکور اشاره داشت. احتمال وجود چنین ناپیوستگی به توسط خطی مورب و بریده در مقطع ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نمایش داده شده است.

ب) لایه دوم: دومین لایه تفکیک شده از آبرفت‌های آبدار با دانه‌بندی عمدتاً ریزدانه و در بخش‌های جنوبی مقطع با دانه‌بندی درشت‌دانه تشکیل شده است. این لایه که از تغییرات جانبی در مقادیر مقاومت ویژه در جهات افقی و قائم برخوردار است، از ضخامت محدود به ۶۰ تا ۱۳۲ متر برخوردار است. لازم به توضیح است که لایه مذکور در محدوده سونداژ شماره L-11 به علت نزدیکی به سازندهای آهکی وجود نداشته و غیر قابل تفکیک بوده است. همان‌طور که در مقطع مربوطه نیز مشخص است آب‌های نسبتاً شور در بخش‌های شمالی آن قرار دارند و به نظر می‌رسد که آب‌های زیرزمینی از املاح زیادی برخوردار باشند. این محدوده‌ها دارای تغییرات عمقی نیز می‌باشند که می‌تواند به دلیل تغییرات عمقی در درصد املاح موجود در آب‌های زیرزمینی باشد. در این لایه نیز مشابه با آبرفت‌های خشک بیشترین تغییرات جانبی به محدوده سونداژهای L-8 و L-9 نسبت داده شده است و می‌توان به وجود یک ناپیوستگی در حدفاصل سونداژهای مذکور پی برد. احتمال وجود چنین ناپیوستگی که در ادامه ناپیوستگی لایه‌های فوقانی است، به توسط خطی مورب و بریده در مقطع ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نمایش داده شده است. با توجه به تغییرات جانبی نسبتاً بالا در

مقادیر مقاومت ویژه ظاهری در محدوده سونداژهای مذکور شاید بتوان این محدوده را به عنوان مرز آب شور و نیمه شیرین یا شیرین مشخص نمود. البته قابل ذکر است که آبرفت های آبدار در محدوده سونداژهای L-1 تا L-8 نیز دارای تغییرات نسبتاً بالایی در میزان املاح می باشند. مثلاً آبرفت های آبدار در محدوده سونداژهای L-1 تا L-3 به دلیل نزدیکی به سازندهای گچی و مارنی از املاح بسیار بالایی برخوردارند و جزء آب های بسیار شور محسوب می شوند. در حالیکه سایر بخش های محدوده ای از این مقطع که در حدفاصل سونداژهای L-1 تا L-8 قرار گرفته اند، از املاح نسبی کمتری برخوردارند. در حدفاصل سونداژهای L-7 و L-8 تغییرات مشابهی اتفاق افتاده است و آب های زیرزمینی موجود در محدوده سونداژ شماره L-8 از املاح بسیار کم برخوردار بوده و حتی می تواند دارای مقادیری آبرفت های درشت دانه در حد واریزه های آهکی باشد. مقاومت ویژه لایه آبدار در محدوده ۰/۷ تا ۷۰۰ اهم متر قرار می گیرد. بدیهی است آبرفت های آبدار در محدوده سونداژهای L-9 تا L-10 از آب های شیرین برخوردار بوده و دانه درشت تراند و اغلب از جنس واریزه های آهکی به همراه سایر آبرفت های درشت دانه تشکیل شده اند.

ج) لایه آخر: آخرین لایه تفکیک شده سنگ کف مقاوم و متراکم را مشخص می سازد. این لایه در محدوده سونداژهای L-1 تا L-8 (با توجه به میزان مقاومت ویژه آنها و بر اساس سایر اطلاعات زمین شناسی) احتمالاً از سنگ های مارن گچ دار به همراه لایه های گچی و در محدوده سونداژهای L-9 تا L-11 از سنگ های آهکی تشکیل شده است. دلیل اطلاق تغییرات در جنس سنگ کف غیر از اطلاعات زمین شناسی، تغییرات شدیدی است که در مقادیر مقاومت ویژه سنگ کف مشاهده شده است. مقاومت ویژه این لایه در محدوده مارن های گچی در محدوده ۵۰ تا ۱۵۰ اهم متر و در محدوده آهک ها در محدوده ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ اهم متر قرار می گیرد. تغییرات جانبی شدید در حدفاصل سونداژهای L-8 و L-9 وجود ناپیوستگی در جنس سنگ کف را می تواند مشخص سازد. این ناپیوستگی که در ادامه ناپیوستگی های موجود در لایه های آبرفتی می باشد، به توسط خطی مورب و بریده در مقطع ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نمایش داده شده است. به نظر می رسد که این

ناپیوستگی از نوع همبری سازندی باشد [سازمان آب منطقه‌ای سمنان، ۱۳۹۰].

هم‌چنین براساس مقاومت‌های بدست آمده برای شرایط مختلف زمین‌شناسی و داده‌های تفسیر با

منحنی‌های استاندارد و نرم‌افزارهای IXID و VES در امتداد این پروفیل نتایج ارائه شده در جدول ۴-۴-

۱۲ بدست آمده است.

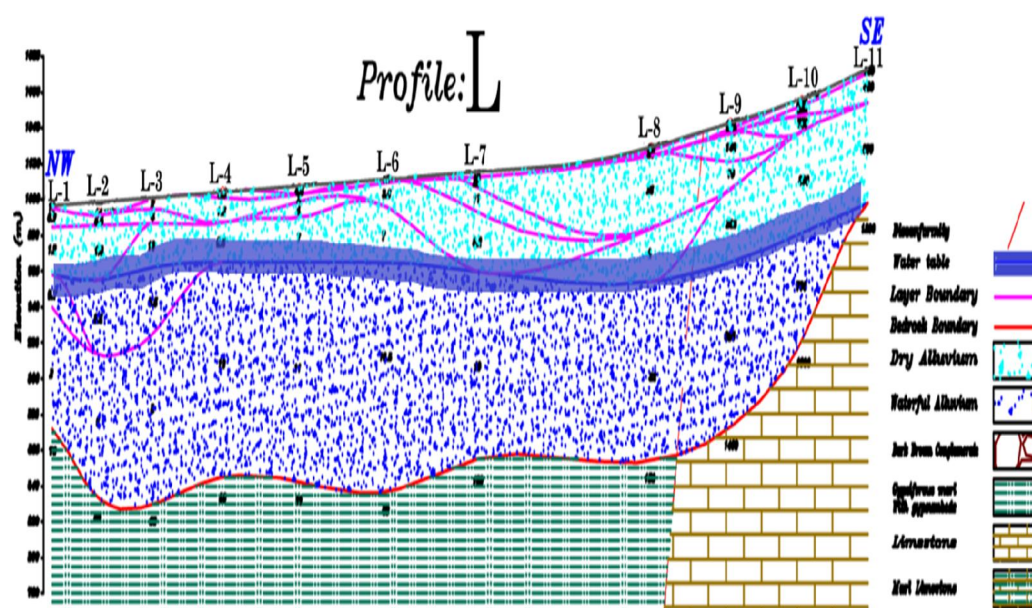
جدول ۴-۱۲- نتایج حاصل از داده‌های تفسیر انجام شده با منحنی‌های استاندارد و نرم‌افزارهای IXID و VES در

امتداد پروفیل L [سازمان آب منطقه‌ای سمنان، ۱۳۹۰]

جنس	حداقل مقاومت ویژه	حداکثر مقاومت ویژه
آبرفت دانه‌ریز خشک	۰/۷	۲۵
آبرفت دانه متوسط خشک	۵۰	۸۰
آبرفت دانه درشت خشک	۱۴۰	۷۵۰
آبرفت آبدار	۰/۷	۷۰۰
سنگ کف مارن گچی	۵۰	۱۵۰
سنگ کف آهکی	۱۲۰۰	۱۴۰۰

با توجه به توضیحات اخیر خط پررنگ رسم شده بر روی مقطع زمین‌شناسی مبین سطح آب

زیرزمینی است.



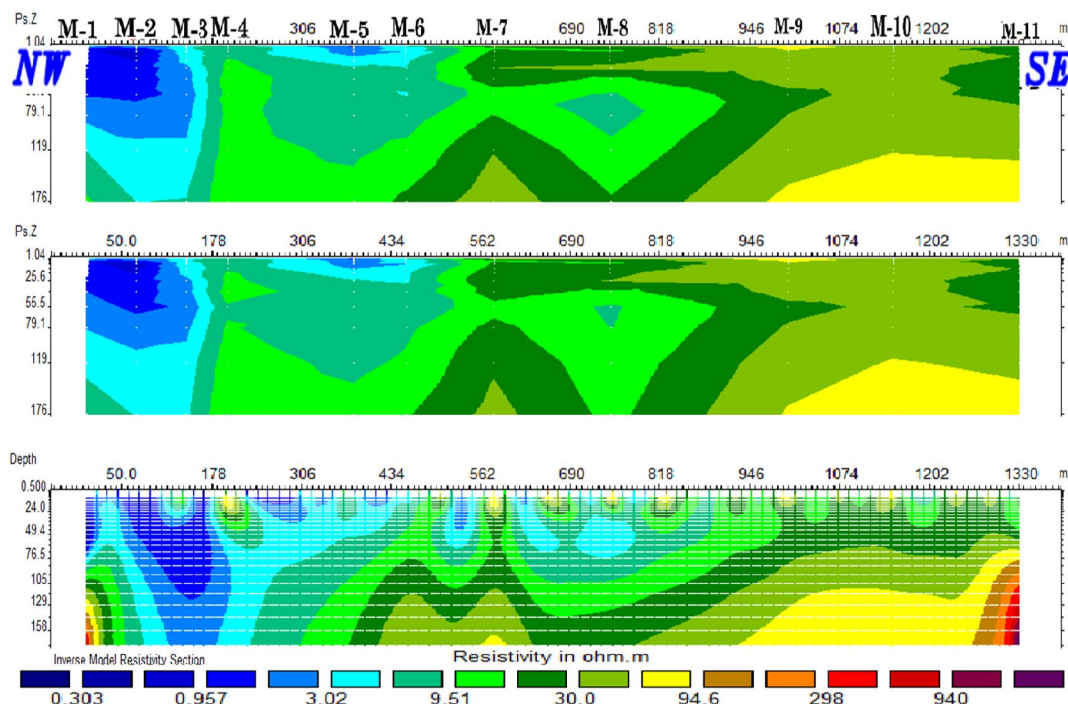
شکل ۴-۲۵- مقطع زمین‌شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل L [سازمان آب منطقه‌ای سمنان،

[۱۳۹۰]

۴-۳-۱۳- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل M

با استفاده از مجموعه نتایج حاصل از تفسیر یک بعدی با نرم افزارهای IX1D و VES و همچنین اطلاعات زمین شناسی منطقه می توانیم تفسیر دقیقی از خط برداشت M انجام دهیم. شکل ۴-۳۳ نتایج حاصل از تحلیل داده های مقاومت ویژه ظاهری برداشت شده در عملیات صحرایی توسط نرم افزار RES2DINV می باشد. با توجه به این مقطع محدوده سونداژهای بین M-۱ تا M-۶ به دلیل مقاومت ویژه زیر ۱۰ اهم متر نشان دهنده شور بودن آب در لایه آبدار مربوطه است، که به علت ریزدانه بودن آبرفت است و چاه های این منطقه با مشکل آبدهی پایین مواجه اند. نزدیک بودن به سازندهای آهکی و مارنی عامل اصلی ریزدانه بودن آبرفت است. لایه آبدار محدوده سونداژهای بین ۷- تا M تا M-۸ نیمه شور است، و تنها منطقه مناسب برای حفر چاه سونداژهای M-۹ تا M-۱۱ اند. برای تعیین سطح آب می توان از چاه های فعال کمک گرفت. مانند چاه حاج محمد ابراهیم با سطح آب ۳۴ متر در نزدیکی سونداژ M-۳ و چاه ریسو با سطح آب ۷۲ متر در مجاورت سونداژ M-۶ و نیز چاه گلمهر با سطح آب ۱۱۳ متر در محدوده سونداژ M-۱۰ که اطلاعات ارزشمندی از منطقه را در اختیارمان می گذارند.

شبه مقطع مدل سازی وارون داده های سونداژهای واقع بر روی پروفیل M که با استفاده از نرم افزار RES2DINV بدست آمده در شکل ۴-۳۳ نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۶- نتایج مدل سازی دوبعدی داده های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل M با استفاده از نرم افزار

RES2DINV

در مقطع زمین شناسی متناظر با این پروفیل که با استفاده از داده های خام مقاومت ویژه ظاهری

برداشت شده در عملیات صحرایی در شکل ۴-۳۴ نشان داده شده لایه های زیر دیده می شود:

الف) لایه سطحی: عموماً از آبرفت های ریزدانه تا دانه متوسط و خشک یا با رطوبت کم تشکیل شده است. این لایه با توجه به تغییرات در جنس و ابعاد دانه بندی آبرفت ها و نیز میزان رطوبت و املاح آن ها به چند بخش قابل تفکیک بوده است که واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار را مشخص می سازد. این واحدها دارای تغییرات می باشند که دلیل آن قرارگیری محل برداشت سونداژها در شرایط زمین شناسی نسبتاً متفاوت سطحی است. بخش هایی از این لایه که از حداقل مقاومت ویژه برخوردار است، املاح بیشتری داشته و دانه ریزتراند. این محدوده ها اغلب بر روی آبرفت هایی که در نتیجه تخریب فیزیکوشیمیایی مارن ها و گچ ها تشکیل شده اند، برداشت شده اند. ولی بخش هایی که از مقاومت ویژه نسبی بالاتری برخوردارند، براساس مشاهدات صحرایی، در نتیجه تخریب فیزیکوشیمیایی سنگ های ماسه سنگی یا میکروکنگلومرا تشکیل شده اند. در واحدهای تفکیک شده آبرفتی خشک، مشابه با اکثر پروفیل های قبلی، اغلب بخش های زیر سطحی از مقاومت ویژه کمتری برخوردارند که

دلیل آن می تواند وجود مقادیری رطوبت به همراه املاح باشد و یا می تواند به دلیل کاهش شدت هوازدگی آبرفت های زیرسطحی باشد. مقادیر مقاومت ویژه در واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار محدود به ۰/۵ تا ۶۵ اهم متر می باشد. ضخامت این واحدها نیز در محدوده ۲۵ تا ۹۰ متر می باشد.

ب) لایه دوم: دومین لایه تفکیک شده از آبرفت های آبدار با دانه بندی عمدتاً ریزدانه تشکیل شده است. این لایه که از تغییرات جانبی در مقادیر مقاومت ویژه در جهت افقی برخوردار است، از ضخامت محدود به ۲۵ تا ۱۴۵ متر برخوردار است. ضخامت این لایه در انتهای جنوبی آن به علت نزدیکی به سازندهای ماسه سنگی و بالا آمدن سنگ کف کاهش یافته است. همان طور که در مقطع مربوطه نیز مشخص است، آب های نسبتاً شور در این پروفیل در بخش های شمالی و مرکزی آن قرار دارند و به نظر می رسد که آب های زیرزمینی از املاح زیادی برخوردار باشند و همچنین به نظر می رسد که پایین بودن مقاومت ویژه در بخش های جنوبی این لایه به دلیل کاهش ابعاد دانه بندی آبرفت ها نسبت به پروفیل های قبلی می باشد و بنابراین می توان نتیجه گرفت که آب های زیرزمینی بخش های جنوبی از املاح بسیار ناچیزی برخوردارند، اما آب دهی چنین آبرفت هایی به چاه هایی که احتمالاً جهت بهره برداری حفر شوند، پایین خواهد بود. با توجه به مطالبی که از نظر گذشت، شاید بتوان محدوده سونداژهای M-8 و M-9 را به عنوان مرز آب شور و نیمه شیرین یا شیرین مشخص نمود. البته قابل ذکر است که با توجه به تغییرات عمقی مقاومت ویژه در این لایه بهتر آن است که اگر چاه های بهره برداری در این محدوده ها حفر شوند، عمق چاه های حفاری شده نباید بیش از عمق بخش مقاوم لایه آبدار باشد. مقاومت ویژه لایه آبدار در محدوده ۱/۵ تا ۳۰ اهم متر قرار می گیرد.

ج) لایه آخر: آخرین لایه تفکیک شده سنگ کف مقاوم و متراکم را مشخص می سازد. این لایه در محدوده سونداژهای M-1 تا M-8 (با توجه به میزان مقاومت ویژه آن ها و بر اساس سایر اطلاعات زمین شناسی) احتمالاً از سنگ های مارن گچ دار به همراه لایه های گچی و در محدوده سونداژهای M-9 تا M-11 از سنگ های ماسه سنگی یا میکروکنگلومرای تشکیل شده است. دلیل اطلاق تغییرات در جنس سنگ کف غیر از اطلاعات زمین شناسی، تغییرات نسبتاً بالایی است که در مقادیر مقاومت ویژه

سنگ کف مشاهده شده است. مقاومت ویژه این لایه در محدوده مارن های گچی در محدوده ۳۰ تا ۸۵ اهم متر قرار گرفته و در محدوده ماسه سنگ ها مابین ۱۱۰ تا ۱۳۰ اهم متر دارای تغییرات است. تغییرات جانبی بالا در حدفاصل سونداژهای M-8 و M-9 وجود ناپیوستگی در جنس سنگ کف را می تواند مشخص سازد. این ناپیوستگی به توسط خطی مورب و بریده در مقطع ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نمایش داده شده است. به نظر می رسد که این ناپیوستگی از نوع همبری سازندی باشد. همان طور که ملاحظه می شود مقاومت ویژه مارن های گچی نسبت به پروفیل های قبلی کاسته شده است که دلیل آن می تواند افزایش میزان رس ها و یا حلالیت بالای گچ ها باشد [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰].

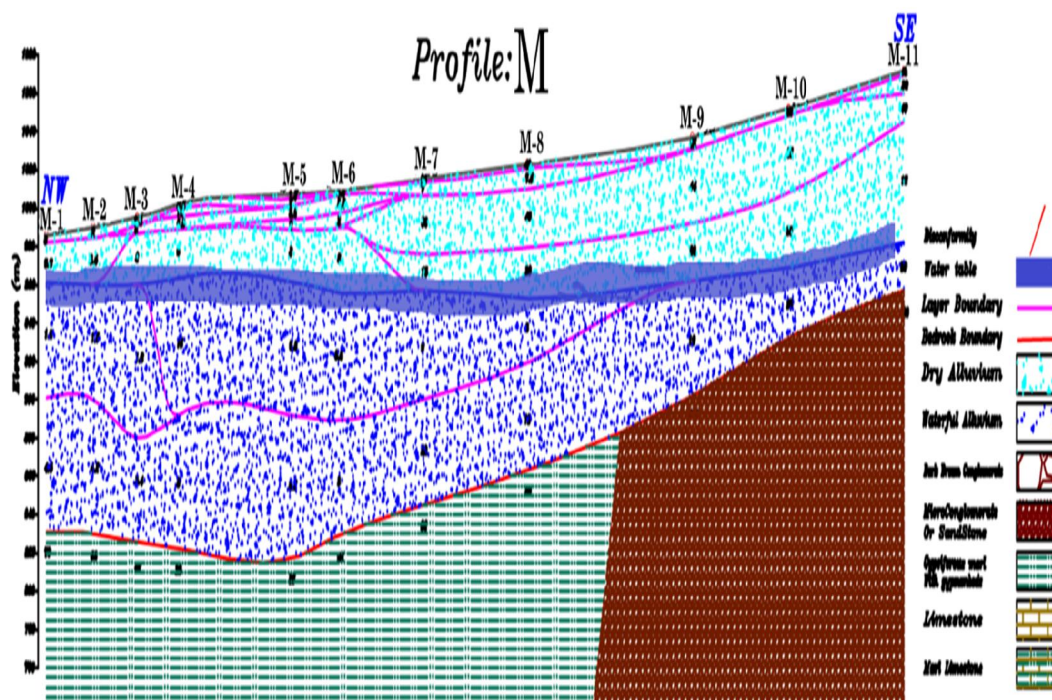
هم چنین براساس مقاومت های بدست آمده برای شرایط مختلف زمین شناسی و داده های تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد این پروفیل نتایج ارائه شده در جدول ۴-۱۳ بدست آمده است.

جدول ۴-۱۳- نتایج حاصل از داده های تفسیر انجام شده با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد پروفیل M [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

جنس	حداقل مقاومت ویژه	حداکثر مقاومت ویژه
آبرفت دانه ریز خشک	۰/۵	۴۰
آبرفت دانه متوسط خشک	۴۲	۶۵
آبرفت آبدار	۱/۵	۳۰
سنگ کف مارن گچی	۳۰	۸۵
سنگ کف ماسه سنگی	۱۱۰	۱۳۰

با توجه به توضیحات اخیر خط پررنگ رسم شده بر روی مقطع زمین شناسی مبین سطح آب

زیرزمینی است.



شکل ۴-۲۷- مقطع زمین شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل M [سازمان آب منطقه‌ای سمنان، ۱۳۹۰]

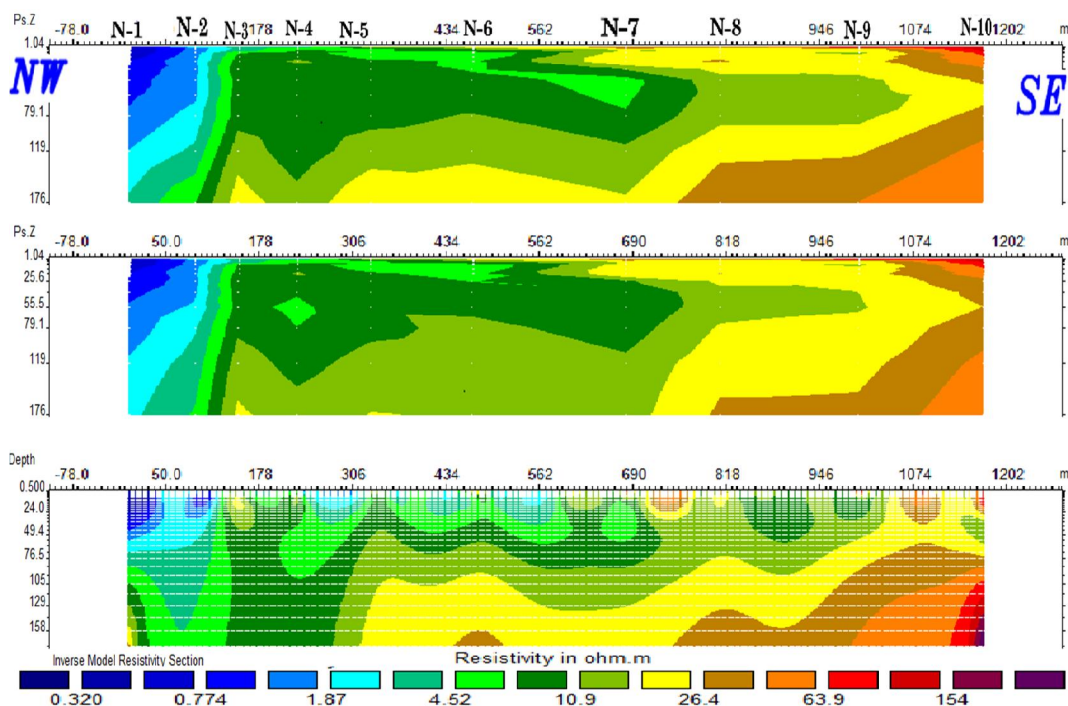
۴-۳-۱۴- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل N

با بهره جویی از اطلاعات زمین شناسی و نتایج تفسیر یک بعدی، اینک به تفسیر دوبعدی با استفاده از نرم افزار RES2DINV می پردازیم.

با توجه به شکل ۴-۳۵ که مربوط به خروجی نرم افزار RES2DINV است تغییرات جانبی مقاومت ویژه ظاهری بسیار اندک است، که به دلیل نبود گسل در این خط برداشت است. در محدوده سونداژهای N-۱ تا N-۵ مقاومت ویژه ظاهری زیر ۱۰ اهم متر است که بیان گر وجود نمک در لایه آبدار می باشد. این وضعیت تا سونداژ N-۹ به همین صورت ادامه دارد، و پیش بینی می شود که چاه های حفر شده در این ناحیه با مشکل آبدی پایین روبرو شوند، زیرا مقاومت پایین نشان دهنده ریزدانه بودن آبرفت است و آب در ناحیه سونداژهای N-۶ تا N-۹ نیمه شور می باشد.

تنها نقطه مناسب جهت حفر چاه در خط برداشت N سونداژ N-۱۰ می باشد، زیرا مقاومت ویژه ظاهری به بیش از ۱۰۰ اهم متر می رسد.

برای تعیین سطح آب منطقه مانند قسمت های قبل می توان از چاه های جنوب حسین آباد با سطح آب ۳۵ متر در نزدیکی سونداژ N-۵ و چاه حسین آباد با سطح آب ۳۹ متر در محدوده سونداژ N-۶ و همچنین چاه اسکندری ها با سطح آب ۹۴ متر در حاشیه سونداژ N-۹ بهره جست. شبه مقطع مدل سازی وارون داده های سونداژهای واقع بر روی پروفیل N که با استفاده از نرم افزار RES2DINV بدست آمده در شکل ۴-۳۵ نشان داده شده است.



شکل ۴-۳۵- نتایج مدل سازی دوبعدی داده های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل N با استفاده از نرم افزار RES2DINV

در مقطع زمین شناسی متناظر با این پروفیل که با استفاده از داده های خام مقاومت ویژه ظاهری برداشت شده در عملیات صحرایی در شکل ۴-۳۶ نشان داده شده لایه های زیر دیده می شود:

الف) لایه سطحی: عموماً از آبرفت های ریزدانه تا دانه درشت و خشک یا با رطوبت کم تشکیل شده است. این لایه با توجه به تغییرات در جنس و ابعاد دانه بندی آبرفت ها و نیز میزان رطوبت و املاح آن ها به چند بخش قابل تفکیک بوده است که واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار را مشخص می سازد. این واحدها دارای تغییرات می باشند که دلیل آن قرارگیری محل برداشت سونداژها

در شرایط زمین شناسی نسبتاً متفاوت سطحی است. بخش هایی از این لایه که از حداقل مقاومت ویژه برخوردار است، املاح بیشتری داشته و دانه ریزتراند. این محدوده ها اغلب بر روی آبرفت هایی که نتیجه تخریب فیزیکوشیمیایی مارن ها و گچ ها می باشند، برداشت شده اند. ولی بخش هایی که از مقاومت ویژه نسبی بالاتری برخوردارند، براساس مشاهدات صحرایی، در نتیجه تخریب فیزیکوشیمیایی سنگ های آهک مارنی تشکیل شده اند. در واحدهای تفکیک شده آبرفتی خشک، مشابه با اکثر پروفیل های قبلی، اغلب بخش های زیر سطحی از مقاومت ویژه کمتری برخوردارند که دلیل آن می تواند وجود مقادیری رطوبت به همراه املاح باشد و یا می تواند به دلیل کاهش شدت هوازدگی آبرفت های زیرسطحی باشد. مقادیر مقاومت ویژه در واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار، محدود به ۵/۰ تا ۱۴۰ اهم متر می باشد. ضخامت این واحدها نیز در محدوده ۱۲ تا ۹۵ متر دارای تغییرات است. بیشترین مقاومت ویژه در این لایه به انتهای جنوبی آن نسبت داده شده است که بر اساس شواهد زمین شناسی موجود از واریزه های کربناته و هوازده تشکیل شده است. اغلب تغییرات عمقی نیز می تواند به تغییرات عمقی دانه بندی آبرفت ها، شدت هوازدگی و نهایتاً میزان تخلخل آن ها مربوط باشد.

ب) لایه دوم: دومین لایه تفکیک شده از آبرفت های آبدار با دانه بندی عمدتاً ریزدانه تشکیل شده است. این لایه که از تغییرات جانبی در مقادیر مقاومت ویژه در جهت افقی برخوردار است، از ضخامت محدود به ۳۰ تا ۱۵۸ متر برخوردار است. ضخامت این لایه در انتهای جنوبی آن به علت نزدیکی به سازندهای آهک مارنی و بالا آمدن سنگ کف کاهش یافته است. همان طور که در مقطع مربوطه نیز مشخص است آب های نسبتاً شور در این پروفیل در بخش های شمالی و مرکزی آن قرار دارند و به نظر می رسد که آب های زیرزمینی از املاح زیادی برخوردار باشند و همچنین به نظر می رسد که پایین بودن مقاومت ویژه در بخش های جنوبی این لایه به دلیل وجود مقادیری رس مخلوط با واریزه های آهک مارنی باشد و بنابراین می توان نتیجه گرفت که آب های زیرزمینی بخش های جنوبی از املاح بسیار ناچیزی برخوردارند اما به دلیل وجود مواد رسی، آب دهی چنین آبرفت هایی به چاه هایی که احتمالاً جهت بهره برداری حفر شوند، پایین خواهد بود. با توجه به مطالبی

که از نظر گذشت، شاید بتوان محدوده سونداژهای N-7 و N-8 را به عنوان مرز آب شور و نیمه شیرین یا شیرین مشخص نمود. خط مورب و بریده ای که در محدوده این دو سونداژ ترسیم شده نیز بیان کننده همین موضوع می باشد. البته قابل ذکر است که با توجه به تغییرات عمقی مقاومت ویژه در محدوده سونداژ شماره N-3 بهتر آنست که اگر چاه های بهره برداری در این محدوده ها حفر شوند، عمق چاه های حفاری شده نباید بیش از عمق بخش مقاوم لایه آبدار باشد. مقاومت ویژه لایه آبدار در محدوده ۱/۵ تا ۱۸ اهم متر قرار می گیرد.

(ج) لایه آخر: آخرین لایه تفکیک شده سنگ کف مقاوم و متراکم را مشخص می سازد. این لایه در محدوده سونداژهای N-1 تا N-7 (با توجه به میزان مقاومت ویژه آنها و بر اساس سایر اطلاعات زمین شناسی) احتمالاً از سنگ های مارن گچ دار به همراه لایه های گچی و در محدوده سونداژهای N-8 تا N-10 از سنگ های آهک مارنی تشکیل شده است. دلیل اطلاق تغییرات در جنس سنگ کف غیر از اطلاعات زمین شناسی، تغییرات نسبتاً بالایی است که در مقادیر مقاومت ویژه سنگ کف مشاهده شده است. مقاومت ویژه این لایه در محدوده مارن های گچی در محدوده ۳۰ تا ۶۵ اهم متر و در محدوده آهک مارنی در محدوده ۸۵ تا ۱۴۰ اهم متر قرار می گیرد. تغییرات جانبی نسبتاً بالا در حدفاصل سونداژهای N-7 و N-8 وجود ناپیوستگی در جنس سنگ کف را می تواند مشخص سازد. این ناپیوستگی به توسط خطی مورب و بریده در مقطع ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نمایش داده شده است. به نظر می رسد که این ناپیوستگی از نوع همبری سازندی باشد. همان طور که ملاحظه می شود مقاومت ویژه مارن های گچی در این پروفیل نیز نسبت به پروفیل های قبلی کاسته شده است که دلیل آن می تواند افزایش مضاعف میزان رس ها و یا حلالیت بالای گچ ها باشد [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰].

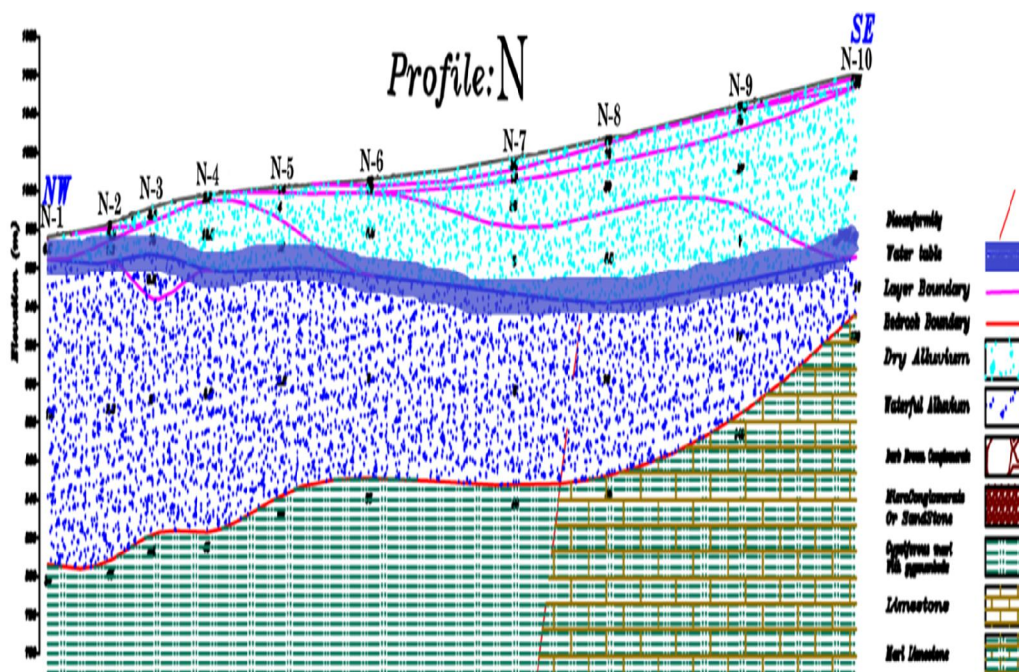
هم چنین براساس مقاومت های بدست آمده برای شرایط مختلف زمین شناسی و داده های تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد این پروفیل نتایج ارائه شده در جدول ۴-۱۴ بدست آمده است.

جدول ۴-۱۴- نتایج حاصل از داده های تفسیر انجام شده با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد پروفیل N [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

جنس	حداقل مقاومت ویژه	حداکثر مقاومت ویژه
آبرفت دانه ریز خشک	۰/۵	۳۵
آبرفت دانه متوسط خشک	۱۰۰	۱۰۰
آبرفت دانه درشت خشک	۱۲۰	۱۴۰
آبرفت آب دار	۱/۵	۱۸
سنگ کف مارن گچی	۳۰	۶۵
سنگ کف آهک مارنی	۸۵	۱۴۰

با توجه به توضیحات اخیر خط پررنگ رسم شده بر روی مقطع زمین شناسی مبین سطح آب

زیرزمینی است.



شکل ۴-۲۹- مقطع زمین شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل N [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

۴-۳-۱۵- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل O

حال به تفسیر خط برداشت O با در دست داشتن اطلاعات زمین شناسی منطقه و نیز نتایج

حاصل از تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES می پردازیم. شکل ۴-۳۷ مربوط

به پردازش داده های صحرایی مقاومت ویژه ظاهری توسط نرم افزار RES2DINV می باشد که از سه

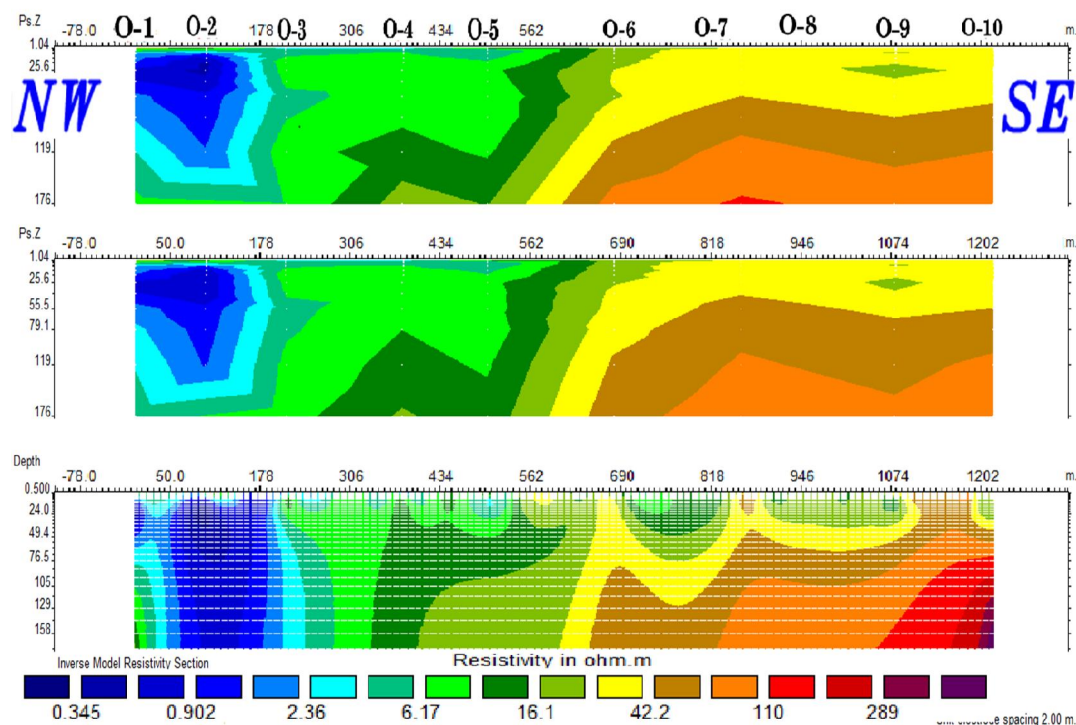
بخش تشکیل شده. دو بخش ابتدایی مربوط به مقطع حاصل از داده های خام و مقطع سوم مربوط به تحلیل نرم افزاری است.

تغییرات جانبی مقاومت ویژه ظاهری در محدوده سونداژهای O-7 و O-8 به واسطه وجود گسل با امتداد شمال شرقی-جنوب غربی می باشد که منطقه را به دو قسمت با دانه بندی درشت و ریز تقسیم می کند.

سونداژهای O-1 تا O-7 به دلیل مجاورت با سازندهای گچی و مارنی، از آبرفت ریزدانه با املاح زیاد تشکیل شده اند، به طوری که مقاومت ویژه ظاهری در محدوده سونداژهای O-1 تا O-3 به زیر 10 اهم متر می رسد، که حاکی از وجود نمک در این آبرفت است، و شور بودن آب در این قسمت دور از انتظار نیست. در سونداژهای O-4 تا O-7 وضعیت بهتر شده و لایه آبدار نیمه شور می باشد. اما همان طور که بیان شد از سونداژ O-8 تا O-10 به دلیل مجاورت با سازندهای آهکی و کنگلومرایی آبرفت منطقه دانه درشت بوده و به همین دلیل چاه های آبی با آبدهی بالا و آبی با کیفیت مطلوب می توان حفر کرد.

برای تعیین سطح آب منطقه می توان از چاه های موجود مانند چاه استرخو با سطح آب 3 متر در نزدیکی سونداژ O-2 و چاه مرادی هونستان با سطح آب 95 متر در محدوده سونداژ O-7 و نیز چاه بوستان با سطح آب 124 متر در محدوده سونداژ O-10 بهره جست. بنا به این اطلاعات مذکور سطح آب از شمال خط برداشت به طرف جنوب رو به افزایش است.

شبه مقطع مدل سازی وارون داده های سونداژهای واقع بر روی پروفیل O که با استفاده از نرم افزار RES2DINV بدست آمده در شکل 4-37 نشان داده شده است.



شکل ۴-۳- نتایج مدل سازی دوبعدی داده های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل O با استفاده از نرم افزار RES2DINV

در مقطع زمین شناسی متناظر با این پروفیل که با استفاده از داده های خام مقاومت ویژه ظاهری

برداشت شده در عملیات صحرایی در شکل ۴-۳۸ نشان داده شده لایه های زیر دیده می شود:

(الف) لایه سطحی: عموماً از آبرفت های ریزدانه تا دانه متوسط و خشک یا با رطوبت کم تشکیل

شده است. این لایه با توجه به تغییرات در جنس و ابعاد دانه بندی آبرفت ها و نیز میزان رطوبت و

املاح آن ها به چند بخش قابل تفکیک بوده است که واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار را

مشخص می سازد. این واحدها دارای تغییرات می باشند که دلیل آن قرارگیری محل برداشت سونداژها

در شرایط زمین شناسی نسبتاً متفاوت سطحی است. بخش هایی از این لایه که از حداقل مقاومت ویژه

برخوردار است، املاح بیشتری داشته و دانه ریزتراند. این محدوده ها اغلب بر روی آبرفت هایی که در

نتیجه تخریب فیزیکی و شیمیایی مارن ها و گچ ها به وجود آمده اند، برداشت شده اند. ولی بخش هایی که از

مقاومت ویژه نسبی بالاتری برخوردارند، براساس مشاهدات صحرایی در نتیجه تخریب فیزیکی و شیمیایی

سنگ های کنگلومرایی تشکیل شده اند و دانه درشت تراند. مقادیر مقاومت ویژه در واحدهای تفکیک

شده قبل از لایه آبدار محدود به 0.3 تا 65 اهم متر می‌باشد. ضخامت این واحدها نیز در محدوده 27 تا 92 متر دارای تغییرات است. بیشترین مقاومت ویژه در این لایه به بخش‌های جنوبی آن نسبت داده شده است که بر اساس شواهد زمین‌شناسی موجود از آبرفت‌های نسبتاً درشت‌دانه در حد ماسه و گراول تشکیل شده است. اغلب تغییرات عمقی نیز می‌تواند به تغییرات عمقی دانه‌بندی آبرفت‌ها، شدت هوازدگی و نهایتاً میزان تخلخل آن‌ها نسبت داده شود.

(ب) لایه دوم: لایه دوم دومین لایه تفکیک شده از آبرفت‌های آبدار با دانه‌بندی عمدتاً ریزدانه تا دانه‌متوسط تشکیل شده است. این لایه که از تغییرات جانبی در مقادیر مقاومت ویژه در جهات افقی و قائم برخوردار است، از ضخامت محدود به 38 تا 166 متر برخوردار است. ضخامت این لایه در انتهای جنوبی آن به علت نزدیکی به سازندهای کنگلومرایی و بالا آمدن سنگ کف کاهش یافته است. همان‌طور که در مقطع مربوطه نیز مشخص است آب‌های نسبتاً شور در این پروفیل در بخش‌های شمالی و مرکزی آن قرار دارند و به نظر می‌رسد که آب‌های زیرزمینی از املاح زیادی برخوردار باشند و همچنین به نظر می‌رسد که پایین بودن مقاومت ویژه در بخش‌های جنوبی این لایه به دلیل وجود مقادیری آبرفت‌های دانه‌متوسط همراه با کنگلومراها باشد و بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که آب‌های زیرزمینی بخش‌های جنوبی از املاح بسیار ناچیزی برخوردارند اما به دلیل وجود مواد نسبتاً دانه‌ریز، آب‌دهی چنین آبرفت‌هایی به چاه‌هایی که احتمالاً جهت بهره‌برداری حفر شوند، نسبت به پروفیل‌های ابتدایی محدوده مطالعاتی که دارای مقاومت ویژه بالایی بودند، پایین‌تر خواهد بود. با توجه به مطالبی که از نظر گذشت، شاید بتوان محدوده سونداژهای O-5 و O-6 را به عنوان مرز آب شور و نیمه‌شیرین یا شیرین و مرز بین سونداژهای O-7 و O-8 را به عنوان تغییرات در جنس آبرفت‌ها مشخص نمود. خطوط مورب و بریده‌ای که در محدوده این سونداژها ترسیم شده نیز بیان‌کننده همین موضوع می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد ناپیوستگی موجود در حدفاصل سونداژهای O-7 و O-8 در ادامه ناپیوستگی مذکور در لایه‌های آبرفتی خشک می‌باشد. البته قابل ذکر است که با توجه به تغییرات عمقی مقاومت ویژه در محدوده سونداژهای O-3 و O-4 بهتر آنست که اگر چاه‌های

بهره برداری در این محدوده ها حفر شوند، عمق چاه های حفاری شده باید بیش از عمق بخش هادی لایه آبدار باشد زیرا به نظر می رسد که در عمق های زیاد که مقاومت ویژه لایه آبدار تا حدودی زیاد است، حجم املاح در آب های زیرزمینی تا حدودی کاسته شود. مقاومت ویژه لایه آبدار در محدوده ۱/۷ تا ۸۰ اهم متر قرار می گیرد.

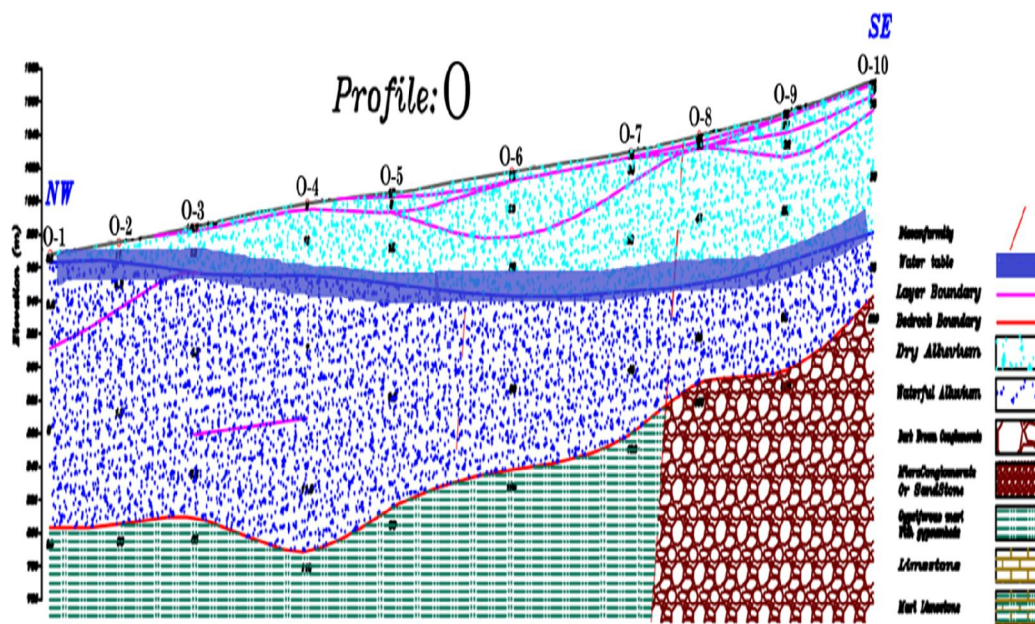
ج) لایه آخر: آخرین لایه تفکیک شده سنگ کف مقاوم و متراکم را مشخص می سازد. این لایه در محدوده سونداژهای O-1 تا O-7 (با توجه به میزان مقاومت ویژه آنها و بر اساس سایر اطلاعات زمین شناسی) احتمالاً از سنگ های مارن گچ دار به همراه لایه های گچی و در محدوده سونداژهای O-8 تا O-10 از سنگ های کنگلومرایی که احتمالاً دارای مقادیری سیمان رسی نیز است، تشکیل شده است. دلیل اطلاق تغییرات در جنس سنگ کف غیر از اطلاعات زمین شناسی، تغییرات نسبتاً بالایی است که در مقادیر مقاومت ویژه سنگ کف مشاهده شده است. مقاومت ویژه این لایه در محدوده مارن های گچی در محدوده ۵۰ تا ۱۶۰ اهم متر و در محدوده کنگلومرایی در محدوده ۲۲۰ تا ۴۵۰ اهم متر قرار می گیرد. تغییرات جانبی نسبتاً بالا در حفاصل سونداژهای O-7 و O-8 وجود ناپیوستگی در جنس سنگ کف را می تواند مشخص سازد. این ناپیوستگی به توسط خطی مورب و بریده در مقطع ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نمایش داده شده است. به نظر می رسد که این ناپیوستگی از نوع همبری سازندی باشد [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰].

هم چنین براساس مقاومت های بدست آمده برای شرایط مختلف زمین شناسی و داده های تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد این پروفیل نتایج ارائه شده در جدول ۴-۱۵ بدست آمده است.

جدول ۴-۱۵- نتایج حاصل از داده های تفسیر انجام شده با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد پروفیل O [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

جنس	حداقل مقاومت ویژه	حداکثر مقاومت ویژه
آبرفت دانه ریز خشک	۰/۳	۴۰
آبرفت دانه متوسط خشک	۴۵	۶۵
آبرفت آبدار	۱/۷	۸۰
سنگ کف مارن گچی	۵۰	۱۶۰
سنگ کف کنگلومرایی	۲۲۰	۴۵۰

با توجه به توضیحات اخیر خط پررنگ رسم شده بر روی مقطع زمین شناسی مبین سطح آب زیرزمینی است.



شکل ۴-۳۱- مقطع زمین شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل O [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

۴-۳-۱۶- نتایج مدل سازی دوبعدی داده ها بر روی پروفیل P

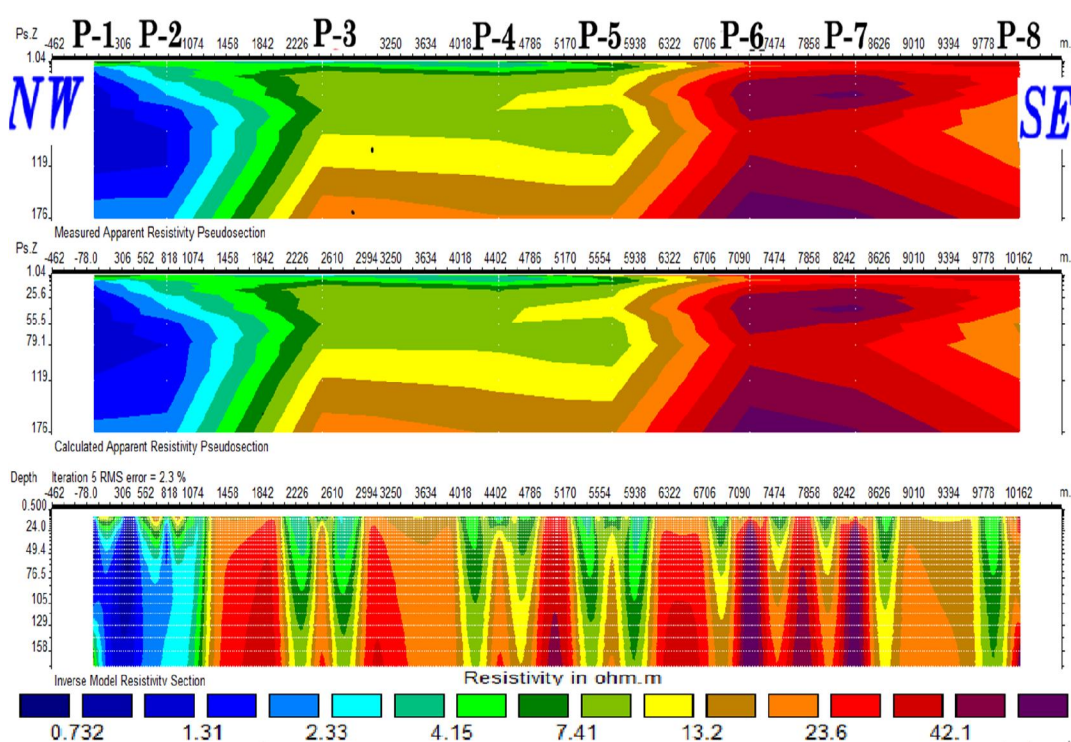
اینک به تفسیر خط برداشت P با در دست داشتن اطلاعات زمین شناسی و نتایج حاصل از تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES می پردازیم. شکل ۴-۳۹ مربوط به نتایج حاصل از تفسیر داده های مقاومت ویژه ظاهری برداشت شده در محدوده سونداژهای P-۵ و P-۶ به

دلیل واقع شدن گسل با امتداد شمال شرقی - جنوب غربی می باشد.

میزان مقاومت ویژه ظاهری در طول این خط برداشت زیر ۵۰ اهم متر است، که در محدوده سونداژهای P-۱ تا P-۲ به زیر ۱۰ اهم متر می رسد. این امر نشان دهنده وجود نمک و نیز ریزدانه بودن آبرفت این ناحیه است.

در مجموع این خط برداشت مناسب جهت حفر چاه نیست و در صورت حفر چاه با مشکل آبدهی پایین روبرو خواهیم شد.

برای تعیین سطح آب می توان از چاه های کالشور با سطح آب ۳۲ متر در نزدیکی سونداژ P-۱ و نیز چاه تلخ آباد با سطح آب ۹۷ متر در محدوده سونداژ P-۶ بهره جست. شبه مقطع مدل سازی وارون داده های سونداژهای واقع بر روی پروفیل P که با استفاده از نرم افزار RES2DINV بدست آمده در شکل ۴-۳۹ نشان داده شده است.



شکل ۴-۳۹- نتایج مدل سازی دوبعدی داده های سونداژهای الکتریکی بر روی پروفیل P با استفاده از نرم افزار RES2DINV

در مقطع زمین شناسی متناظر با این پروفیل که با استفاده از داده های خام مقاومت ویژه ظاهری

برداشت شده در عملیات صحرایی در شکل ۴-۴۰ نشان داده شده لایه‌های زیر دیده می‌شود:

(الف) لایه سطحی: عموماً از آبرفت‌های ریزدانه تا دانه متوسط و خشک یا با رطوبت کم تشکیل شده است. این لایه با توجه به تغییرات در جنس و ابعاد دانه‌بندی آبرفت‌ها و نیز میزان رطوبت و املاح آن‌ها به چند بخش قابل تفکیک بوده است که واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار را مشخص می‌سازد. این واحدها دارای تغییرات می‌باشند که دلیل آن قرارگیری محل برداشت سونداژها در شرایط زمین‌شناسی نسبتاً متفاوت سطحی است. بخش‌هایی از این لایه که از حداقل مقاومت ویژه برخوردار است، دارای املاح بیشتری بوده و دانه‌ریزتراند. این محدوده‌ها اغلب بر روی آبرفت‌هایی که در نتیجه تخریب فیزیکی‌وشیمیایی مارن‌ها و گچ‌ها به وجود آمده‌اند، برداشت شده‌اند. ولی بخش‌هایی که از مقاومت ویژه نسبی بالاتری برخورداراند، براساس مشاهدات صحرایی، در نتیجه تخریب فیزیکی‌وشیمیایی سنگ‌های کنگلومرایی یا میروکنگلومرایی تشکیل شده‌اند و نسبتاً دانه‌درشت‌تراند. این محدوده‌ها احتمالاً دارای مقادیری آبرفت‌های رسانا مانند رس‌ها نیز می‌توانند باشند زیرا مقاومت ویژه آن‌ها کمتر از مقاومت‌های ویژه منتسب به کنگلومرها می‌باشد. مقادیر مقاومت ویژه در واحدهای تفکیک شده قبل از لایه آبدار محدود به ۲/۵ تا ۷۰ اهم‌متر می‌باشد. ضخامت این واحدها نیز در محدوده ۶ تا ۶۵ متر می‌باشد. بیشترین مقاومت ویژه در این لایه به بخش‌های جنوبی آن نسبت داده شده است که بر اساس شواهد زمین‌شناسی موجود از آبرفت‌های نسبتاً درشت‌دانه در حد ماسه و گراول تشکیل شده است. اغلب تغییرات عمقی نیز می‌تواند به تغییرات عمقی دانه‌بندی آبرفت‌ها، شدت هوازدگی و نهایتاً میزان تخلخل آن‌ها نسبت داده شود. بیشترین تغییرات جانبی در این لایه به محدوده سونداژهای P-5 و P-6 مربوط می‌شود که همان‌طور که قبلاً نیز بدان اشاره گردید، دلیل آن تغییرات در جنس آبرفت‌ها می‌باشد. این موضوع به توسط خطی مورب و بریده به عنوان نمایش ناپیوستگی در جنس سنگ کف ترسیم و نشان داده شده است.

(ب) لایه دوم: لایه دوم دومین لایه تفکیک شده از آبرفت‌های آبدار با دانه‌بندی عمدتاً ریزدانه تشکیل شده است. این لایه که از تغییرات جانبی در مقادیر مقاومت ویژه در جهت افقی و قائم

برخوردار است، از ضخامت محدود به ۱۰۵ تا ۲۳۷ متر برخوردار است. ضخامت این لایه در انتهای جنوبی آن به علت نزدیکی به سازندهای کنگلومرایی و بالا آمدن سنگ کف مقداری کاهش یافته است. همان طور که در مقطع مربوطه نیز مشخص است آب های نسبتاً شور در این پروفیل در بخش های شمالی آن قرار دارند و به نظر می رسد که آب های زیرزمینی از املاح زیادی برخوردار باشند و همچنین به نظر می رسد که پایین بودن مقاومت ویژه در بخش های جنوبی این لایه به دلیل وجود مقادیری آبرفت های دانه متوسط همراه با کنگلومراها و میکروکنگلومراها باشد و بنابراین می توان نتیجه گرفت که آب های زیرزمینی بخش های جنوبی از املاح بسیار ناچیزی برخوردارند اما به دلیل وجود مواد نسبتاً دانه ریز، آب دهی چنین آبرفت هایی به چاه هایی که احتمالاً جهت بهره برداری حفر شوند، پایین خواهد بود. با توجه به مطالبی که از نظر گذشت، شاید بتوان محدوده سونداژهای P-2 و P-3 را به عنوان مرز آب شور و نیمه شیرین یا شیرین و مرز بین سونداژهای P-5 و P-6 را به عنوان تغییرات در جنس آبرفت ها مشخص نمود. خطوط مورب و بریده ای که در محدوده این سونداژها ترسیم شده نیز بیان کننده همین موضوع می باشد. همان طور که مشاهده می گردد، ناپیوستگی اخیر در ادامه ناپیوستگی مذکور در لایه های آبرفتی می باشد. البته قابل ذکر است که با توجه به تغییرات عمقی مقاومت ویژه در محدوده سونداژ شماره P-3 بهتر آنست که اگر چاه های بهره برداری در این محدوده ها حفر شوند، عمق چاه های حفاری شده باید بیش از عمق بخش هادی لایه آبدار باشد زیرا به نظر می رسد که در عمق های زیاد که مقاومت ویژه لایه آبدار تا حدودی زیاد است، حجم املاح در آب های زیرزمینی تا حدودی کاسته می شود. مقاومت ویژه لایه آبدار در محدوده ۱ تا ۲۵ اهم متر قرار می گیرد.

(ج) لایه آخر: آخرین لایه تفکیک شده سنگ کف مقاوم و متراکم را مشخص می سازد. این لایه در محدوده سونداژهای P-1 تا P-5 (با توجه به میزان مقاومت ویژه آن ها و بر اساس سایر اطلاعات زمین شناسی) احتمالاً از سنگ های مارن گچ دار به همراه لایه های گچی و در محدوده سونداژهای P-6 تا P-8 از سنگ های کنگلومرایی یا میکروکنگلومرایی که احتمالاً دارای مقادیری سیمان رسی نیز است،

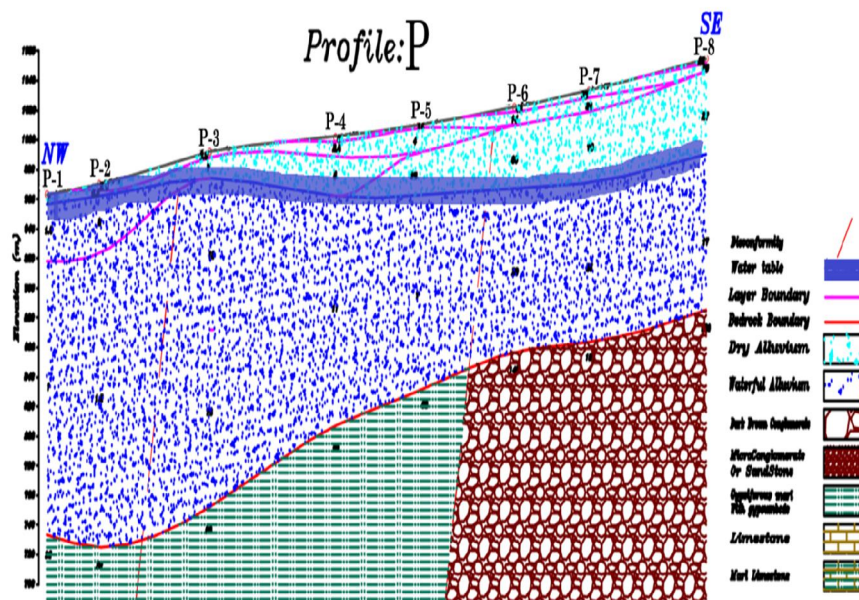
تشکیل شده است. دلیل اطلاق تغییرات در جنس سنگ کف غیر از اطلاعات زمین شناسی، تغییرات نسبتاً بالایی است که در مقادیر مقاومت ویژه سنگ کف مشاهده شده است. البته تغییرات در سنگ کف مارن گچی نیز در محدوده سونداژهای P-2 و P-3 بالاست که دلیل آن احتمالاً نفوذ مقادیری املاح در سنگ کف بخش های شمالی این مقطع می باشد. مقاومت ویژه این لایه در محدوده مارن های گچی در محدوده ۲۰ تا ۶۰ اهم متر و در محدوده کنگلومراها یا میکروکنگلومراها در محدوده ۱۲۰ تا ۱۵۰ اهم متر قرار می گیرد. تغییرات جانبی نسبتاً بالا در حدفاصل سونداژهای P-5 و P-6 وجود ناپیوستگی در جنس سنگ کف را می تواند مشخص سازد. این ناپیوستگی به توسط خطی مورب و بریده در مقطع ژئوالکتریک مربوطه ترسیم و نمایش داده شده است. به نظر می رسد که این ناپیوستگی از نوع همبری سازندی باشد. تغییرات در میزان املاح سنگ کف نیز به توسط خط مورب مشابهی در محدوده سونداژهای P-2 و P-3 ترسیم شده است [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰].

هم چنین براساس مقاومت های بدست آمده برای شرایط مختلف زمین شناسی و داده های تفسیر با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد این پروفیل نتایج ارائه شده در جدول ۴-۱۶ بدست آمده است.

جدول ۴-۱۶- نتایج حاصل از داده های تفسیر انجام شده با منحنی های استاندارد و نرم افزارهای IXID و VES در امتداد پروفیل P [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

جنس	حداقل مقاومت ویژه	حداکثر مقاومت ویژه
آبرفت دانه ریز خشک	۲/۵	۴۰
آبرفت دانه متوسط خشک	۶۰	۷۰
آبرفت آبدار	۱	۲۵
سنگ کف مارن گچی	۲۰	۶۰
سنگ کف کنگلومرایی (میکروکنگلومرایی)	۱۲۰	۱۵۰

با توجه به توضیحات اخیر خط پررنگ رسم شده بر روی مقطع زمین شناسی مبین سطح آب زیرزمینی است.



شکل ۴-۳۳- مقطع زمین شناسی نشان دهنده سطح آب زیرزمینی در امتداد پروفیل P [سازمان آب منطقه ای سمنان، ۱۳۹۰]

۴-۴- نتایج حاصل از تفسیر دوبعدی داده های مقاومت ویژه الکتریکی با استفاده

از نرم افزار RES2DINV

با توجه به نتایج تفسیر RES2DINV می توان لایه بندی منطقه را به دو بخش کلی آبرفت و سنگ کف تقسیم کرد. قسمت های شمالی و میانی هر یک از خطوط برداشت متشکل از رسوبات ریزدانه و در بعضی نقاط رس و نمک می باشند و به عکس با نزدیک شدن به انتهای خطوط برداشت دانه بندی آبرفت بزرگتر می شود. این امر به خاطر وجود سازندهای گچی و مارنی در قسمت های شمالی منطقه میامی جنوبی است، که رسوبات حاصل از فرسایش این سازندها، باعث ایجاد آبرفتی ریزدانه با درصد بالایی از املاح شده است. بنابه اطلاعات حاصل از چاه های منطقه آب زیر زمینی در این نواحی دارای میزان بالایی املاح بوده و در بعضی مناطق شور است. همچنین آبدهی این چاه ها بسیار پایین است، که از مشخصه های آبرفت ریزدانه است. این وضعیت تا قسمت های میانی منطقه ادامه دارد.

وجود گسل با امتداد شمال شرقی- جنوب غربی باعث تفکیک منطقه به دو قسمت شده که خصوصیات هر بخش بر گرفته از سازند مجاورش است. وجود سازندهای آهکی و کنگلومرایی در

جنوب منطقه مورد مطالعه باعث تشکیل آبرفت با دانه بندی درشت شده است. آب موجود در لایه آبدار در این بخش از کیفیت بالایی برخوردار است و آبدهی چاه های منطقه بالاست.

نقاط جنوبی هر یک از خطوط برداشت به نسبت نقاط میانی و شمالی از شرایط بهتری برای حفر چاه برخوردارند. به نظر می رسد بهترین مکان برای حفر چاه خط برداشت A باشد.

فصل پنجم

تعیین ارتباط بین نتایج تفسیر داده‌های

مقاومت ویژه الکتریکی و پارامترهای هیدروژنولوژیکی بدست

آمده از چاه‌های آب

۵-۱- مقدمه

در فصل‌های قبل، نتایج تفسیر یک‌بعدی و دوبعدی داده‌های مقاومت‌ویژه حاصل از سونداژهای الکتریکی اجرا شده در منطقه دشت میامی جنوبی، مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در این فصل، ابتدا به توضیح روش آماری رگرسیون^۱ پرداخته و سپس بین نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های مقاومت‌ویژه حاصل از سونداژهای الکتریکی اجرا شده در مجاورت چاه‌های آب موجود در منطقه و پارامترهای هیدرولوژیکی بدست آمده از این چاه‌ها، رابطه‌ای خطی برقرار شده است.

برای بدست آوردن رابطه همبستگی^۲ بین داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی (بدست آمده از سونداژهای الکتریکی) و پارامترهای هیدرولوژیکی (بدست آمده از چاه‌های آب)، تلاش‌های زیادی صورت گرفته است که به چند نمونه از آن‌ها اشاره می‌کنیم:

وینسنز^۳ در سال ۱۹۶۸ یک رابطه همبستگی مثبت را بین مقاومت‌ویژه سطحی اندازه‌گیری شده و میزان آبدهی چاه بدست آورد. ورتینگتون^۴ در سال ۱۹۷۵ یک رابطه همبستگی معکوس را بین فاکتور سازندی تصحیح شده و نفوذپذیری بین دانه‌ای یک آبخوان محاسبه نمود. آنگماخ^۵ در سال ۱۹۶۹ بین ضرایب گذردهی بدست آمده از ۶ مکان اجرای تست پمپاژ در آبخوان راین^۶ و مقاومت عرضی بدست آمده از آن‌ها همبستگی ایجاد کرد. کرافت^۷ در سال ۱۹۷۱ از داده‌های بدست آمده

^۱ Regression^۲ Correlation^۳ Vincenz^۴ Worthington^۵ Ungemach et al^۶ Rhine

توسط جونز و بوفورد^۱ برای ایجاد رابطه همبستگی بین ضریب نفوذپذیری و فاکتور سازندی آبخوان استفاده کرد. او این رابطه را برای تخمین ضریب گذردهی آبخوان با استفاده از اندازه‌گیری‌های مقاومت ویژه الکتریکی صورت گرفته در چاه‌های حفاری به کار برد. اسکاراسیا^۲ در سال ۱۹۷۶ از داده‌های سونداژهای مقاومت ویژه الکتریکی، برای تخمین ضریب گذردهی در یکی از آبخوان‌های کشور ایتالیا استفاده کرد. کوسینسکی و کلی^۳ در سال ۱۹۸۱ بین داده‌های مقاومت ویژه لایه‌های اشباع از آب و مقادیر هدایت هیدرولیکی بدست آمده از داده‌های تست پمپاژ در جنوب جزیره رد^۴ همبستگی ایجاد کردند. مازاک و لندا^۵ در سال ۱۹۷۹ داده‌هایی از کشور چکسلواکی سابق را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و نتیجه گرفتند که بدست آوردن رابطه‌ای بین ضریب گذردهی آبخوان و مقاومت عرضی و هدایت طولی آن، به دو صورت همبستگی مستقیم و معکوس، ممکن می‌باشد [Asfahani, 2007].

در ایران نیز برای بدست آوردن رابطه همبستگی بین داده‌های سونداژ الکتریکی و پارامترهای هیدرولوژیکی، تلاش‌های زیادی صورت گرفته است که به عنوان مثال می‌توان به مقاله آقای دکتر نخعی (دانشگاه تربیت معلم، سال ۱۳۸۲) اشاره کرد. وی در این مقاله، با استفاده از داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی و روابط تجربی، میزان تخلخل و آبدهی ویژه را در آبخوان دشت شورو تخمین زده است. در این تحقیق، تعداد ۲۰۷ سونداژ الکتریکی قائم با آرایش الکترودی شلومبرژه در دشت شورو (واقع در ۸۰ کیلومتری جنوب غرب زاهدان) برداشت گردیده و پس از تصحیح، داده‌های صحرائی به کمک نرم افزارهای مختلف و با در نظر گرفتن اطلاعات لاگ چاه‌های گمانه موجود در منطقه، پردازش و تفسیر شده و مقاومت ویژه حقیقی و ضخامت لایه‌های زیرسطحی مختلف مشخص و محدوده آبخوان در دشت تعیین گردیده است. در این تحقیق، مقاطع ژئوالکتریک و نقشه‌های هم‌عمق

^۱ Jones and Bufford

^۲ Scarascia

^۳ Kosinski and Kelly

^۴ Rhode Island

^۵ Mazáč and landa

و هم مقاومت لایه آبدار و سنگ کف ترسیم و با توجه به نقشه هم تراز آب زیرزمینی، جهت حرکت آب و نیز ورودی ها و خروجی های دشت تعیین گردیده است [نخعی، ۱۳۸۲].

در این پایان نامه نیز سعی بر آن است که بین نتایج تفسیر یک بعدی داده های سونداژهای الکتریکی اجرا شده در مجاورت چاه های آب موجود در منطقه مورد مطالعه و پارامترهای هیدرولوژیکی بدست آمده از این چاه ها (از قبیل TDS و EC) رابطه ای خطی ایجاد شود. برای ایجاد رابطه خطی مذکور، همان طور که قبلاً نیز ذکر شد، از روش آماری رگرسیون استفاده شده است. بنابراین لازم است ابتدا در مورد این روش توضیحات مختصری ارائه گردد.

۵-۲- روش آماری رگرسیون

روش رگرسیون یک روش تجزیه و تحلیل آماری برای تعیین رابطه همبستگی بین دو یا چند متغیر می باشد.

۵-۲-۱- رگرسیون با یک متغیر مستقل

معادله خط رگرسیون با یک متغیر مستقل به صورت زیر می باشد:

$$Y = a + bX \quad (۱-۵)$$

در این رابطه b شیب خط رگرسیون و a عرض از مبدأ حاصل از برخورد خط رگرسیون با محور

Y می باشد. این دو پارامتر توسط روابط زیر تعیین می شوند:

$$b = (N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)) / (N\sum X^2 - (\sum X)^2) \quad (۲-۵)$$

$$a = (\sum Y - b(\sum X)) / N \quad (۳-۵)$$

در این روابط X و Y دو متغیر، N تعداد متغیرها یا المان ها، $\sum XY$ 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 می باشند.

مقدار ضریب تطابق بین دو متغیر X و Y از طریق رابطه زیر بدست می آید:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (4-5)$$

هر چه مقدار این ضریب بیشتر باشد، نشان‌دهنده آن است که دو متغیر X و Y دارای روند

تغییرات مشابه‌تری می‌باشند [Wikipedia.org].

۵-۲-۲- رگرسیون با چند متغیر مستقل

یک مدل رگرسیون شامل بیش از یک متغیر مستقل را مدل رگرسیون چند متغیره می‌نامند.

در این روش به هر متغیر وزنی داده می‌شود و سهم آن در تعیین یک پارامتر خاص مشخص می‌گردد. به- عنوان نمونه یک رگرسیون خطی چند متغیره با دو متغیر مستقل به صورت زیر می‌باشد:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon \quad (5-5)$$

استفاده از نماد ماتریس در مدل‌های رگرسیون چند گانه موجب سهولت در کار می‌شود

بنابراین مدل، داده‌ها و نتایج به صورت $Y = X\beta + \varepsilon$ در نظر گرفته می‌شود که به طور کلی Y یک بردار

$n \times 1$ از مشاهدات x ماتریسی $n \times p$ از سطوح متغیرهای مستقل β برداری $p \times 1$ از ضرایب رگرسیون و

ε برداری $n \times 1$ از خطاهای تصادفی است مقادیر ضرایب برآورد شده از رابطه روبرو بدست می‌آید:

$$\beta = (X'X)^{-1} X'Y \quad (6-5)$$

وارون ماتریس $\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$ به صورت $\frac{1}{D} \times \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$ می‌باشد که $D = ad - bc$ دترمینان ماتریس اولیه

است و همچنین وارون ماتریس $\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & k \end{bmatrix}$ برابر با $\frac{1}{Z} \times \begin{bmatrix} (ek - fh) & -(bk - ch) & (bf - ce) \\ -(dk - fg) & (ak - cg) & -(af - cd) \\ (dh - eg) & -(ah - bg) & (ae - bd) \end{bmatrix}$ است که

در اینجا نیز مقدار Z همان دترمینان ماتریس اولیه می‌باشد:

$$Z = a(ek - fh) - b(dk - fg) + c(dh - eg) = aek + bfg + cdh - ahf - dbh - gec$$

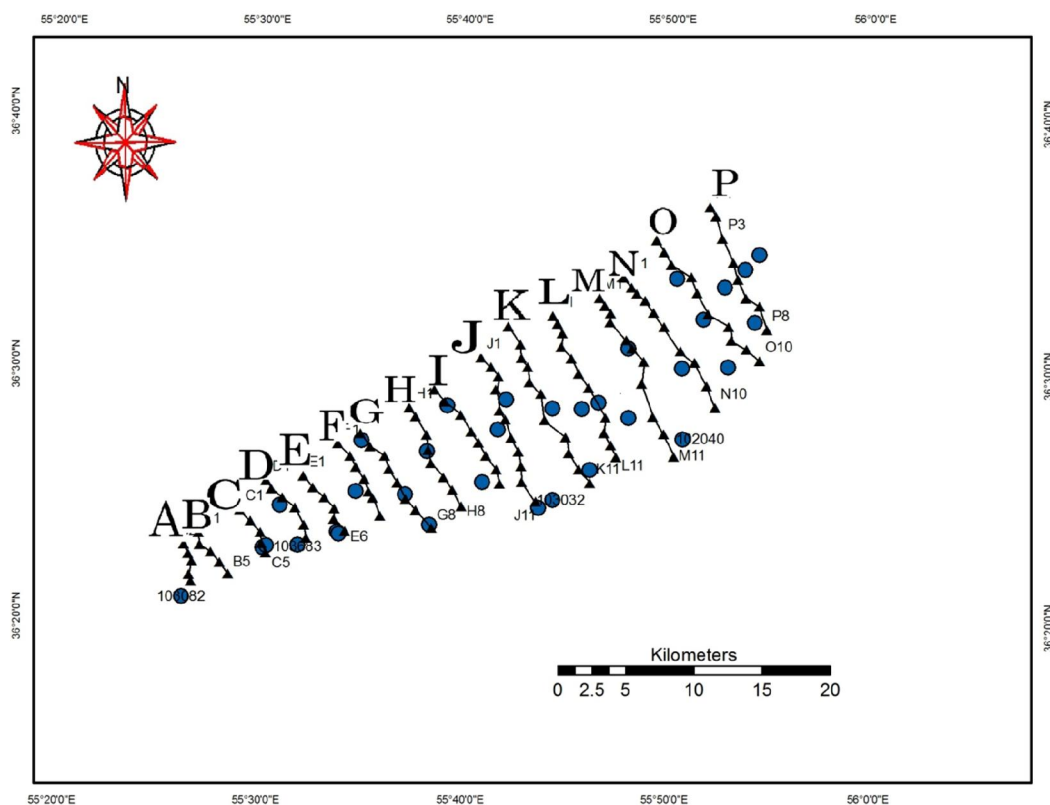
۵-۳- تعیین ارتباط بین نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ الکتریکی و

پارامترهای هیدروژئولوژیکی بدست آمده از چاه‌های آب موجود در منطقه مطالعاتی

در این قسمت، نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی برداشت شده در مجاورت چاه‌های آب موجود در منطقه (به منظور تشخیص عمق، ضخامت و مقاومت ویژه لایه آبدار موجود در زیر سطح زمین در محل هر سونداژ) و پارامترهای هیدروژئولوژیکی بدست آمده از این چاه‌ها ارائه می‌گردد. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، هر چه تعداد چاه‌های آب موجود در منطقه مطالعاتی بیشتر باشند، رابطه بدست آمده بین نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ مقاومت‌ویژه الکتریکی و پارامترهای هیدروژئولوژیکی بدست آمده از این چاه‌ها به واقعیت نزدیک‌تر است، که مشخصاتشان در جدول ۵-۱ گنجانده شده است.

در شکل ۵-۱ موقعیت سونداژهای الکتریکی برداشت شده در منطقه دشت میامی جنوبی و نیز موقعیت چاه‌های آب موجود در منطقه نشان داده شده است. در این شکل، نقاط برداشت سونداژهای الکتریکی قائم با علامت ▲ و موقعیت چاه‌های آب موجود در منطقه با علامت ● نشان داده شده است.

اطلاعات هیدروژئولوژیکی اندازه‌گیری شده از چاه‌های مذکور شامل آنالیز کیفی آب (آنیون‌ها و کاتیون‌ها) و پارامترهای مهمی از قبیل TDS و EC می‌باشند. مشخصات الکتریکی لایه آبدار موجود در زیر سونداژ الکتریکی نزدیک به هر چاه را می‌توان به لایه آبدار موجود در چاه مجاور آن‌ها نسبت داد، اما با توجه به فاصله چاه‌های آب از محل برداشت سونداژهای الکتریکی مجاور آن‌ها، این عمل باعث ایجاد خطایی جزئی در نتایج روابط خطی بدست آمده بین دو سری داده مذکور می‌شود که مجبوریم از آن چشم‌پوشی نماییم.



شکل ۵-۱- موقعیت سونداژهای الکتریکی برداشت شده در منطقه میامی جنوبی با علامت ▲ و نیز موقعیت چاه های آب موجود در منطقه با علامت ● نشان داده شده است

در جدول ۵-۱ محل چاه های آب موجود در منطقه و مختصات UTM آن ها و نیز مقادیر عددی

TDS و EC آورده شده است.

جدول ۵-۱- نام و محل چاه های آب موجود در منطقه و مختصات UTM آن ها به همراه مقادیر عددی TDS و EC

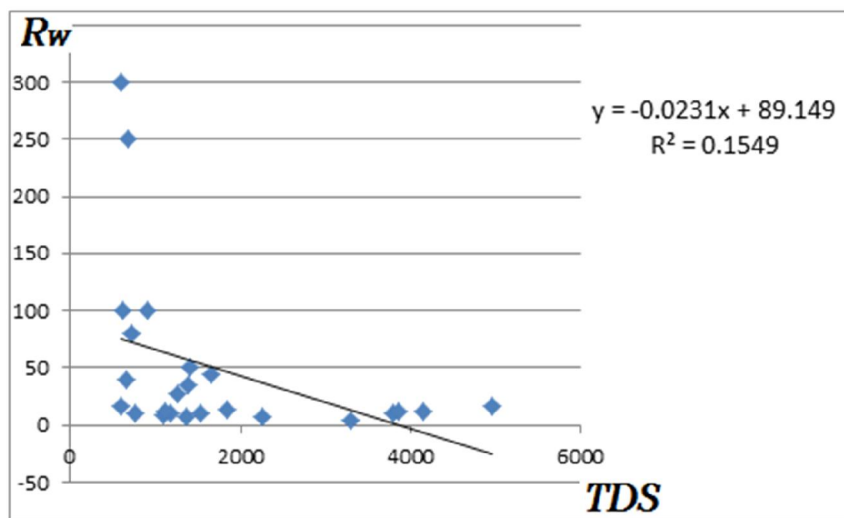
نام چاه	UTMX(m)	UTMY(m)	T.D.S	EC
ابراهیم آباد	385900	4030150	589	917
اخوت	386950	4037400	1188	184
اسلام آباد	399850	4040400	1660	257
جمهوری	381800	4032000	602	937
جودانه	365650	4027250	623	969
ایستگاه بکران	396100	4046900	3800	590
آب مرجان	372500	4031350	688	107
آردزیدر	376150	4031150	667	103
باهنر	383550	4038050	1090	169
بکران پل	399600	4046250	2250	349
زیر آب	396500	4035150	1382	215
حدیدی	382950	4035850	1112	173
سعیدی ۲	390350	4037850	1370	213
شریف آباد	401100	4047550	4140	641
علی آباد	398050	4043900	1256	195
کلاته اسد	371250	4028250	718	111
قدس طالب پور	377750	4034300	755	117
کارخانه قند	392550	4041800	3300	512
کافه عباسی	366950	4030350	900	140
کنده سیاه	372950	4035100	1411	219
محمدآبادقنبریان	401800	4043700	4950	768
مرزامی عابدی	392550	4036700	1838	286
مهدی آباد	396450	4040350	1530	238
نجف آباد	402159	4048640	3860	594

جدول ۵-۲- نام چاه های آب موجود در منطقه و فاصله تا سونداژ مجاورش، نام و مختصات UTM سونداژ مجاور چاه و مقاومت ویژه ظاهری لایه آبدار موجود در زیر هر سونداژ

فاصله (m)	مقاومت لایه آب	UTMY(m)	UTMX(m)	نام سونداژ مجاور	نام چاه
500	300	4030590	385750	J11	ابراهیم آباد
1000	10	4039325	385299	K7	اخوت
1900	45	4041732	401239	O9	اسلام آباد
1200	16	4031894	383100	I8	جمهوری
300	100	4027546	365619	C4	جودانه
1000	10	4047039	397180	O4	ایستگاه بکران
1000	250	4031332	373468	F5	آب مرجان
300	40	4030805	376215	G6	آردزیدر
900	8.5	4037240	383087	J5	باهنر
1200	13	4046852	400601	P5	بکران پل
1300	35	4035529	395140	M10	زیر آب
1000	11.5	4036593	383514	J6	حدیدی
1300	8	4038897	389666	L7	سعیدی ۲
1000	12	4048056	400289	P4	شریف آباد
600	28	4044290	398436	O6	علی آباد
900	80	4029342	370927	E5	کلاته اسد
300	10	4034351	377871	H4	قدس طالب پور
300	6.5	4041801	392829	M6	کارخانه قند
600	100	4030887	367168	D3	کافه عباسی
500	50	4035612	372914	G1	کنده سیاه
1100	40	4043145	402733	P8	محمدآبادقنبریان
1600	13	4036719	390869	L8	مرزاملی عابدی
100	10	4040742	397423	N8	مهدی آباد
1900	12	4048056	400289	P4	نجف آباد

در این مرحله، بین مقادیر R_w (جدول ۵-۲) و مقادیر TDS و EC (جدول ۵-۱)، با استفاده از روش رگرسیون رابطه خطی برقرار می کنیم. قبلاً اشاره شد که وینسنز، ورتینگتون، آنگماخ و غیره، از روش رگرسیون برای ایجاد رابطه خطی بین پارامترهای هیدرولوژیکی آبخوان و داده های مقاومت ویژه الکتریکی بدست آمده از سونداژزنی الکتریکی قائم استفاده کرده اند. لازم به ذکر است که برای رسم نمودارهای رگرسیون و بدست آوردن روابط خطی موجود بین پارامترهای فوق الذکر، از نرم افزار Excel استفاده شده است.

ابتدا به بررسی رابطه خطی بین مقادیر R_w و TDS می پردازیم. در شکل ۵-۲ نمودار رابطه خطی بین این دو پارامتر نشان داده شده است. همان طور که می دانیم، تغییرات مقدار کل مواد جامد حل شده (TDS) در آب سازندی، بر روی مقدار مقاومت ویژه آن (R_w) تأثیر می گذارد. بنابراین در این نمودار، پارامتر TDS به عنوان متغیر مستقل و پارامتر (R_w) به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته می شود.



شکل ۵-۲- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر R_w و TDS

با توجه به شکل ۵-۲ رابطه بین مقادیر R_w و TDS به صورت زیر می باشد:

$$R_w = -0.0231 \text{ TDS} + 89.145 \quad (5-7)$$

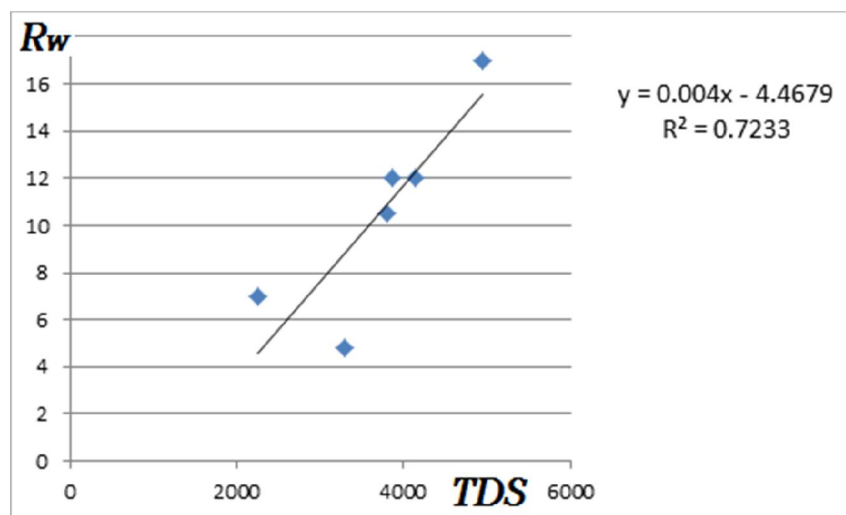
ضریب تطابق (R^2) رابطه خطی فوق، ۰/۱۵۵ است. همان طور که مشاهده می شود ضریب

تطابق R_w و TDS بسیار پائین است و علت آن تغییرات شدید اندازه دانه بندی آبرفت آبدار در خطوط برداشت می باشد. قسمت های شمالی خطوط برداشت از آبرفت ریز دانه در حد رس تشکیل شده و در قسمت های جنوبی ابعاد دانه بندی در حد گراول تغییر می یابد، که این امر باعث تغییرات شدید TDS از چاهی به چاه دیگر شده است.

برای حل این مشکل و بالا بردن ضریب تطابق اطلاعات را به دو گروه تقسیم بندی کرده و

TDS های بالای ۲۰۰۰ و کمتر از ۲۰۰۰ را به طور جداگانه مورد بررسی قرار می دهیم.

برای مقادیر TDS بالای ۲۰۰۰ داریم:



شکل ۵-۳- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر R_w و TDS مربوط به مقادیر TDS بالای ۲۰۰۰

با توجه به شکل ۵-۳ رابطه بین مقادیر R_w و TDS به صورت زیر می باشد:

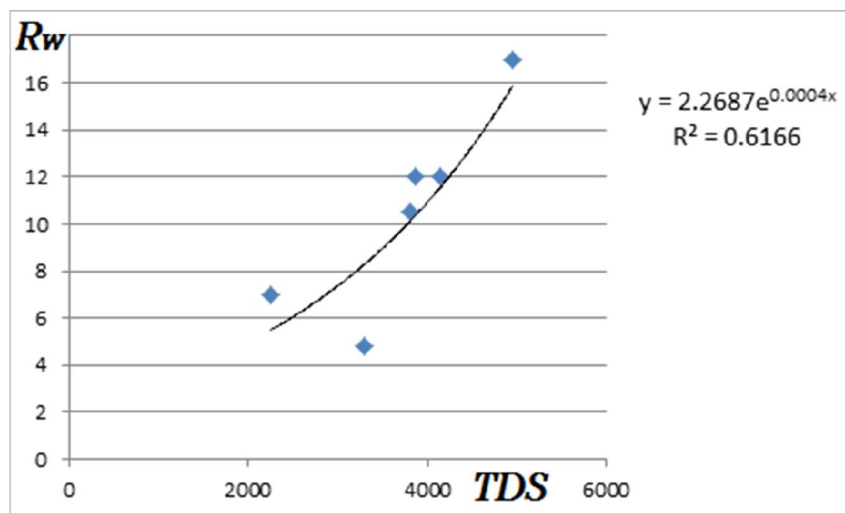
$$R_w = -0.004 \text{ TDS} + 4.4679 \quad (5-8)$$

ضریب تطابق (R^2) رابطه خطی فوق، ۰/۷۲۳۳ است که نشان دهنده همبستگی نسبتاً خوبی بین

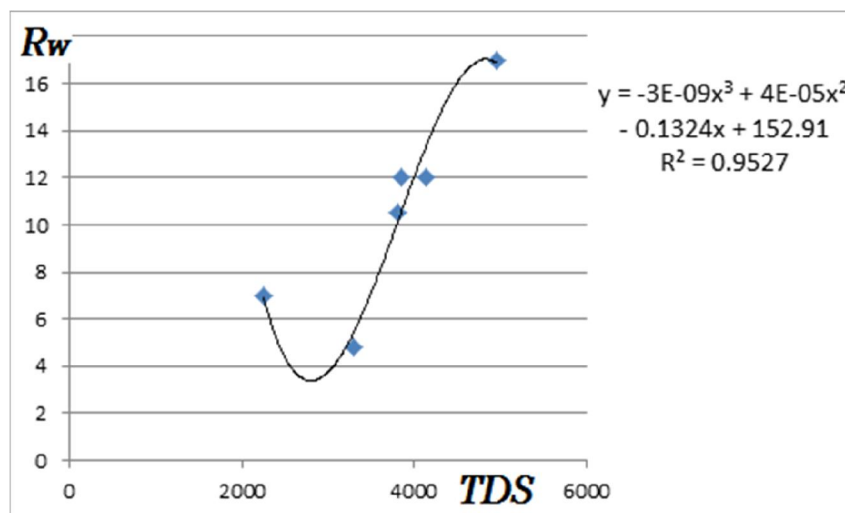
مقادیر R_w و TDS می باشد. این رابطه نشان دهنده آن است که با افزایش مقدار کل مواد جامد حل

شده در آب سازندی، رسانایی آن افزایش و در نتیجه مقاومت ویژه آن کاهش می یابد.

می توان نمودار فوق را علاوه بر حالت خطی با روشهای نمایی و چندجمله ای نیز بررسی نمود.



شکل ۴-۵- نمودار رگرسیون نمایی بین مقادیر R_w و TDS مربوط به مقادیر TDS بالای ۲۰۰۰

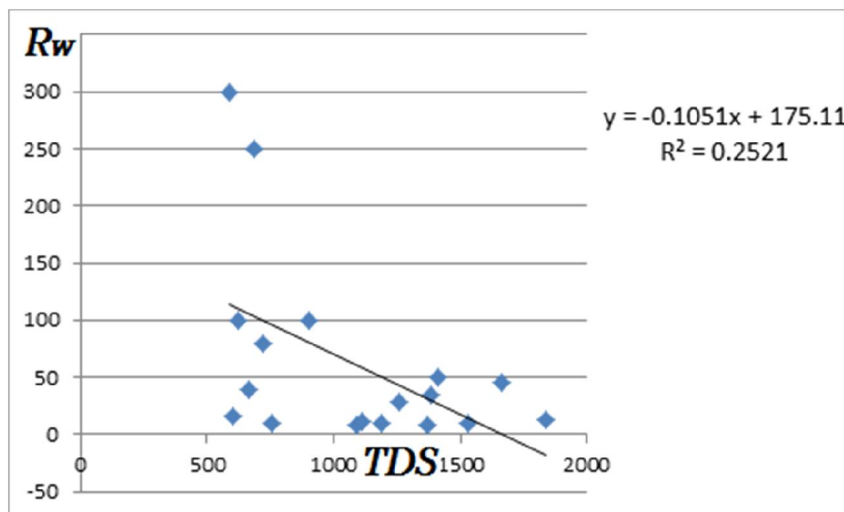


شکل ۵-۵- نمودار رگرسیون چندجمله ای بین مقادیر R_w و TDS مربوط به مقادیر TDS بالای ۲۰۰۰

ضریب تطابق (R^2) مربوط به رابطه نمایی ۰/۶۱۶۶ و نیز رابطه چندجمله ای ۰/۹۵۲۷ محاسبه

شده است، که نشان دهنده همبستگی نسبتاً خوبی بین مقادیر R_w و TDS می باشد.

حال به بررسی TDS های زیر ۲۰۰۰ می پردازیم.



شکل ۵-۶- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر R_w و TDS مربوط به مقادیر TDS کمتر از ۲۰۰۰

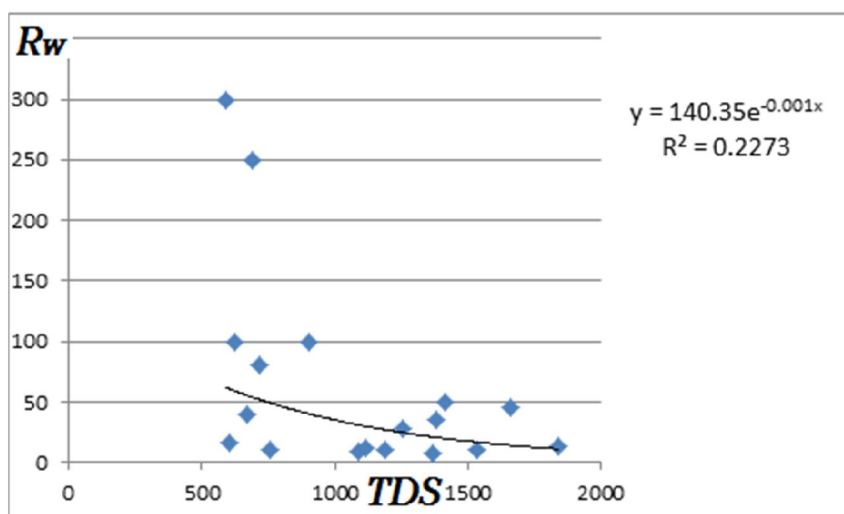
با توجه به شکل ۵-۶ رابطه بین مقادیر R_w و TDS به صورت زیر می باشد.

$$R_w = -0.1051 \text{ TDS} + 175.11 \quad (5-9)$$

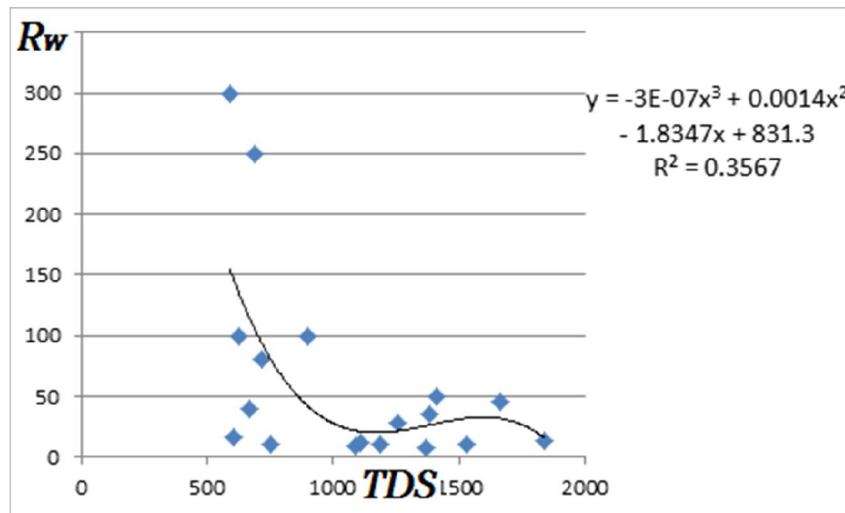
ضریب تطابق (R^2) رابطه خطی فوق، ۰/۲۵۲۱ است که نشان دهنده همبستگی پایینی بین

مقادیر R_w و TDS می باشد. که علت آن همان طور که ذکر شد وجود مقادیر بالای املاح در آبرفت منطقه است.

می توان نمودار فوق را علاوه بر حالت خطی با روشهای نمایی و چندجمله ای نیز بررسی نمود.

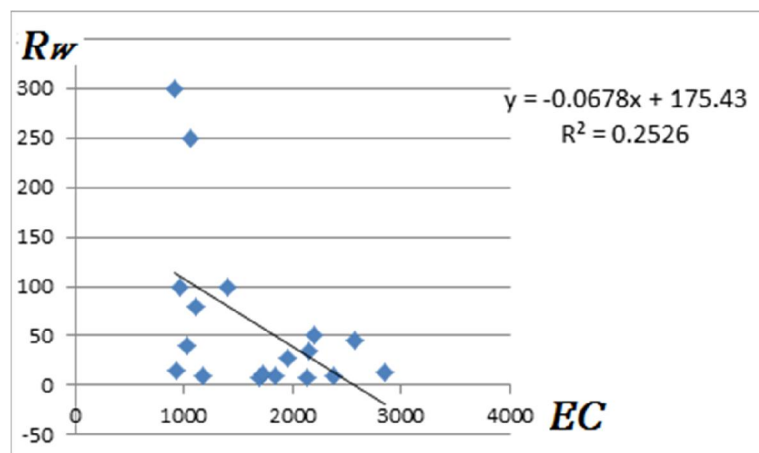


شکل ۵-۷- نمودار رگرسیون نمایی بین مقادیر R_w و TDS مربوط به مقادیر TDS کمتر از ۲۰۰۰



شکل ۸-۵- نمودار رگرسیون چندجمله ای بین مقادیر R_w و TDS مربوط به مقادیر TDS کمتر از ۲۰۰۰

در بین نمودارهای فوق، نمودار رگرسیون چندجمله ای ضریب تطابق بالاتری را نمایش می دهد. حال به بررسی رابطه بین مقادیر R_w و EC می پردازیم. در شکل ۹-۵ نمودار رابطه خطی بین این دو پارامتر نشان داده شده است. همان طور که می دانیم، تغییرات هدایت الکتریکی (EC) آب سازندی، بر روی مقدار مقاومت ویژه آن (R_w) تأثیر می گذارد. بنابراین در این نمودار، پارامتر EC به عنوان متغیر مستقل و پارامتر R_w به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته می شود.



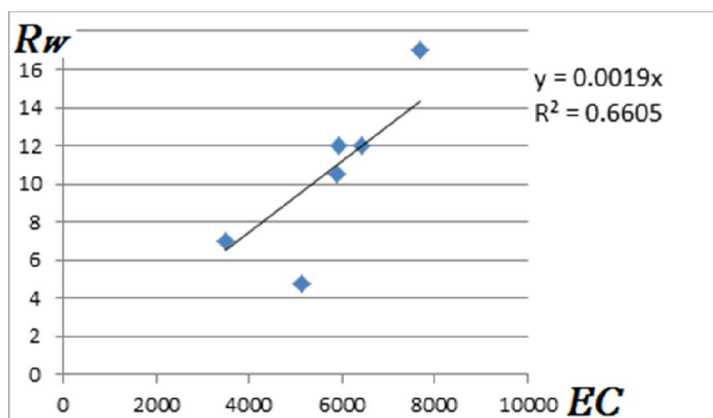
شکل ۹-۵- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر R_w و EC

با توجه به شکل ۹-۵ رابطه بین مقادیر R_w و EC به صورت زیر می باشد:

$$R_w = -0.0678 EC + 175.43 \quad (10-5)$$

ضریب تطابق (R^2) این رابطه، $0/2526$ است که نشان دهنده همبستگی پایینی بین مقادیر R_w و EC می باشد. علت این امر تغییرات شدید ابعاد دانه بندی آبرفت می باشد، لذا می بایست به طور جداگانه به بررسی داده های با EC بالای 2000 و زیر 2000 بپردازیم.

برای داده های بالای 2000 داریم:



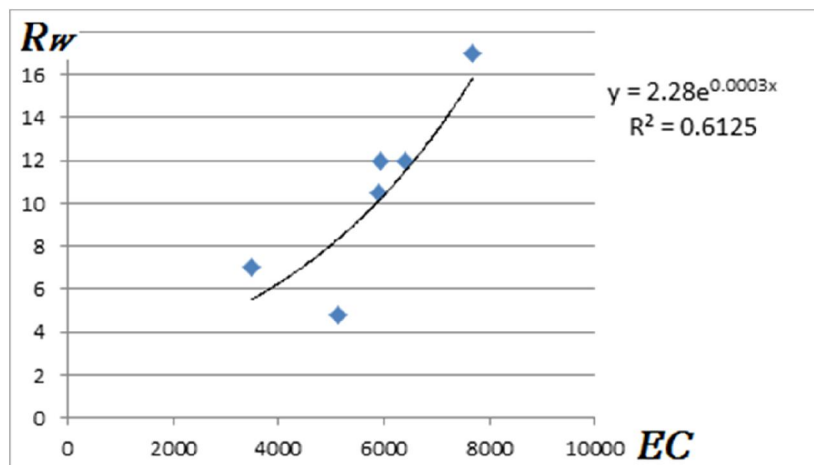
شکل ۵-۱۰- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر R_w و EC مربوط به مقادیر بیش از 2000

با توجه به شکل ۵-۱۰ رابطه بین مقادیر R_w و EC به صورت زیر می باشد:

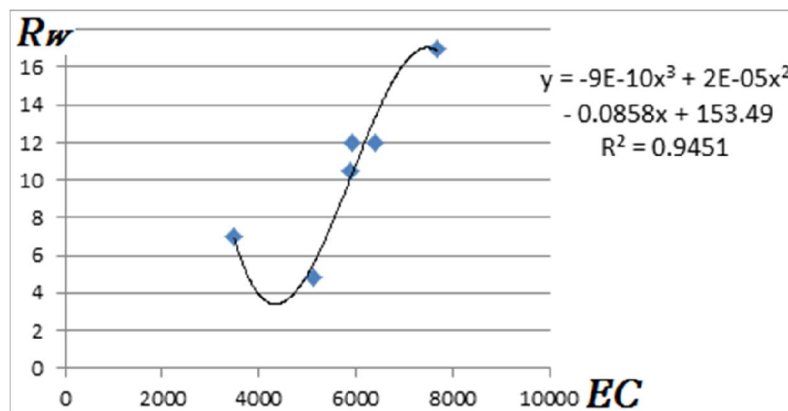
$$R_w = 0/0019EC \quad (5-11)$$

ضریب تطابق (R^2) این رابطه، $0/6605$ است که نشان دهنده همبستگی نسبتاً خوبی بین مقادیر R_w و EC می باشد. این رابطه نشان دهنده آن است که با افزایش مقدار هدایت الکتریکی آب موجود در لایه های آبدار، مقاومت ویژه آن کاهش می یابد.

می توان نمودار فوق را علاوه بر حالت خطی با روشهای نمایی و چندجمله ای نیز بررسی نمود.



شکل ۵-۱۱- نمودار رگرسیون نمایی بین مقادیر R_w و EC مربوط به مقادیر EC بیش از ۲۰۰۰



شکل ۵-۱۲- نمودار رگرسیون چندجمله ای بین مقادیر R_w و EC مربوط به مقادیر EC بیش از ۲۰۰۰

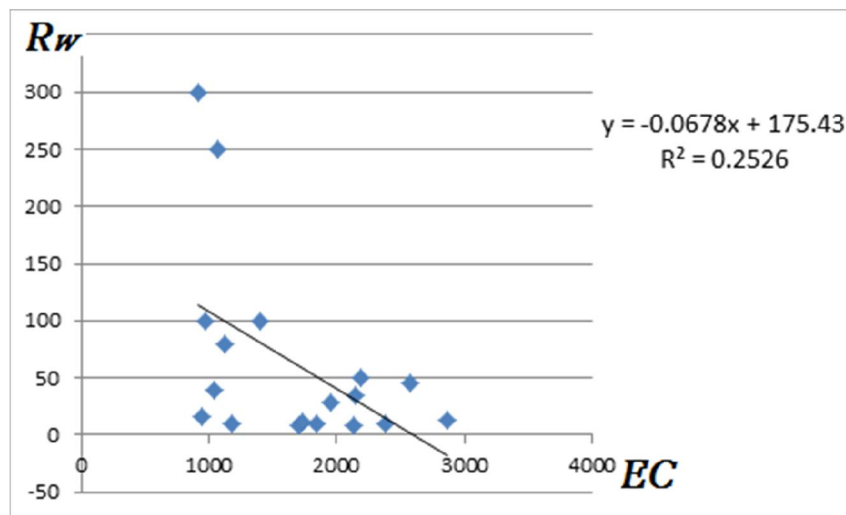
در بین دو نمودار فوق، نمودار رگرسیون چندجمله ای مقدار ضریب تطابق بالاتری را نمایش

میدهد

ضریب تطابق در نمودار رگرسیون چندجمله ای ۰/۹۴۵۷ است که بالاترین ضریب حاصل از

روشهای فوق می باشد.

حال به بررسی داده های با EC کمتر از ۲۰۰۰ می پردازیم.



شکل ۵-۱۳- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر R_w و EC مربوط به مقادیر EC کمتر از ۲۰۰۰

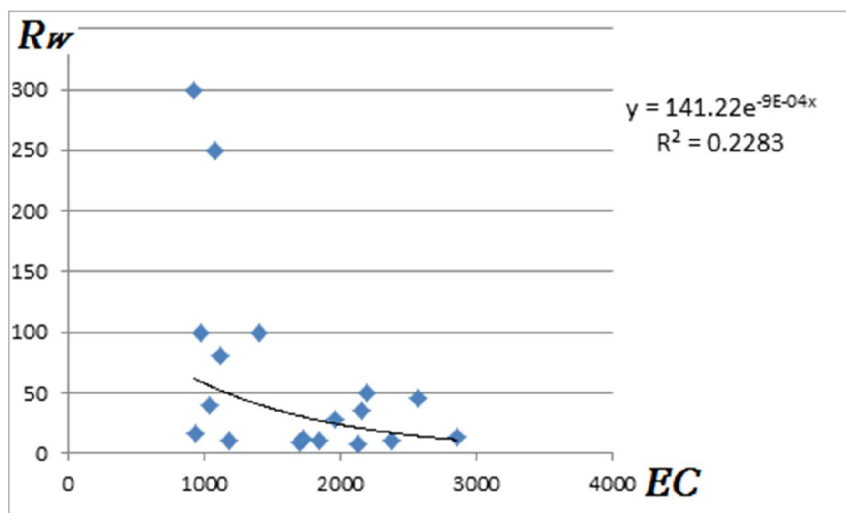
با توجه به شکل ۵-۱۳ رابطه بین مقادیر R_w و EC به صورت زیر می باشد:

$$R_w = -0.0678 EC + 175.43 \quad (5-12)$$

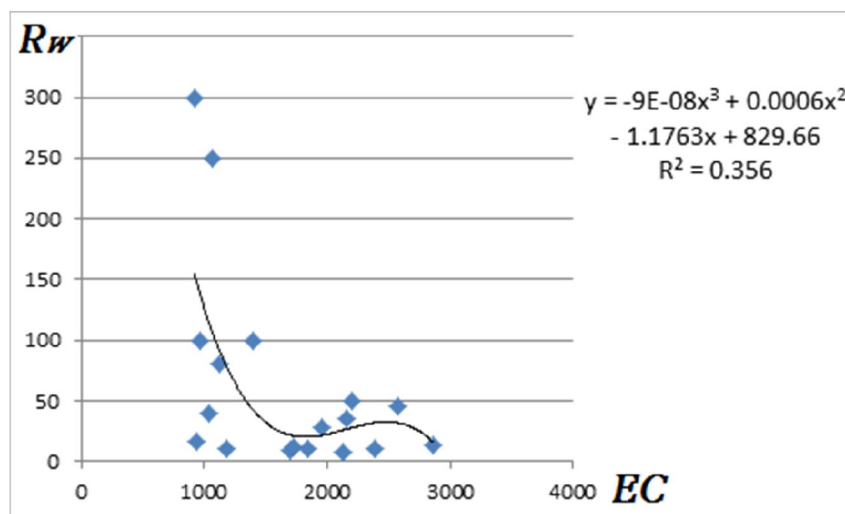
ضریب تطابق (R^2) این رابطه، ۰/۲۵۳ است که نشان دهنده همبستگی نسبتاً پایینی بین مقادیر

EC و R_w می باشد.

این نمودار را می توان با دو روش نمایی و چندجمله ای نیز بررسی نمود.



شکل ۵-۱۴- نمودار رگرسیون نمایی بین مقادیر R_w و EC مربوط به مقادیر EC کمتر از ۲۰۰۰



شکل ۵-۱۵- نمودار رگرسیون چندجمله ای بین مقادیر R_w و EC مربوط به مقادیر EC کمتر از ۲۰۰۰

بین دو نمودار فوق، نمودار رگرسیون چندجمله ای با ضریب همبستگی ۰/۳۵۶ بالاترین ضریب

همبستگی را محاسبه نموده است.

۵-۴- نتیجه گیری

به دلیل تغییرات شدید در ابعاد دانه بندی آبرفت منطقه میامی جنوبی، برای بدست آوردن

ضریب همبستگی مطلوب، داده های هیدرولوژیکی را به دو دسته TDS و EC بیشتر از ۲۰۰۰ و TDS

و EC کمتر از ۲۰۰۰ تقسیم کرده و به طور جداگانه به بررسی هر گروه پرداختیم. ضرایب همبستگی

مربوط به گروه TDS و EC بیشتر از ۲۰۰۰ بسیار بهتر از گروه TDS و EC کمتر از ۲۰۰۰ بود.

نمودار رگرسیون چندجمله ای به نسبت نمودارهای رگرسیون خطی و نمایی ضرایب همبستگی

بالاتری را نشان می دهند.

بنابراین، با تعمیم این رابطه در کل منطقه مطالعاتی می توان با در دست داشتن داده های

مقاومت ویژه لایه های آبدار موجود در زیر سطح زمین در محل هر سونداژ، تخمین تقریباً دقیقی را از

پارامترهای هیدرولوژیکی این لایه ها بدست آورد. باز هم تاکید می کنیم که هر چه فاصله سونداژ ها تا

محل چاه ها کمتر باشد، روابط بدست آمده به واقعیت نزدیکتر خواهد بود.

فصل هشتم

نتیجہ گیری و پیشہادات

۶-۱- نتیجه‌گیری

۱- نتایج تفسیر یک‌بعدی و دوبعدی داده‌های مقاومت‌ویژه بدست آمده از سونداژهای الکتریکی قائم، مقادیر بالای مقاومت‌ویژه الکتریکی را در جنوب منطقه مطالعاتی تأیید می‌کنند. بنابراین، می‌توان فهمید که عمق سنگ بستر و ضخامت رسوبات در این قسمت‌ها کمتر از سایر نواحی است. از طرفی با توجه به نقشه‌های هم‌مقاومت‌ویژه‌ظاهری برای فواصل الکترودی مختلف، می‌توان دریافت که مقاومت‌ویژه الکتریکی لایه‌های زمین در جنوب و جنوب‌غرب منطقه مورد مطالعه بالاست. علت این امر (همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد) عمق کمتر سنگ بستر و نزدیکی به ارتفاعات واقع در این نواحی می‌باشد.

۲- با توجه به روابط خطی بدست آمده بین داده‌های سونداژ مقاومت‌ویژه و پارامترهای هیدرولوژیکی بدست آمده از چاه‌های آب (روابط ۵-۸ و ۵-۱۱) و با در نظر گرفتن ضریب تطابق (R^2) بدست آمده برای دو رابطه مذکور، مشخص می‌شود که در این منطقه، همبستگی خوبی بین این دو سری داده وجود دارد. بنابراین، با اجرای سونداژهای الکتریکی قائم و بدست آوردن خواص الکتریکی لایه‌های آبدار موجود در منطقه، می‌توان پارامترهای هیدرولوژیکی این لایه‌ها را به کمک روابط فوق و با دقت قابل قبولی تخمین زد.

۶-۲- پیشنهادات

بر اساس نتایج حاصل و با توجه به مطالعات صورت گرفته، موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

۱- برای کنترل دقیق‌تر تغییرات جانبی مقاومت‌ویژه الکتریکی و نیز بررسی و تشخیص حضور گسل‌ها در منطقه مورد مطالعه، چند برداشت پروفیل‌زنی مقاومت‌ویژه انجام شود. با توجه به نتایج حاصل از تفسیر دوبعدی با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV، پیشنهاد می‌شود پروفیل‌های A، B و C در اولویت قرار گیرند.

۲- روش پلاریزاسیون القایی (IP) نیز می‌تواند به عنوان یک روش مناسب برای کنترل صحت تفسیرهای انجام شده و رفع برخی از ابهامات موجود (به عنوان مثال وجود رس در لایه‌های آبدار) مورد استفاده قرار گیرد. لازم به ذکر است که در روش مقاومت‌ویژه، تشخیص وجود رس در لایه‌های آبدار عملاً بسیار مشکل یا غیرممکن است. در صورتی که با استفاده از روش IP به راحتی می‌توان وجود رس یا لایه‌های رسی را تشخیص داد.

۳- با تعمیم روابط (۵-۸) و (۵-۱۱) در کل منطقه عملیاتی، می‌توان با استفاده از برداشت‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی و تفسیر داده‌های خام بدست آمده از این طریق و تعیین خواص الکتریکی لایه‌های آبدار در نقاط فاقد چاه، پارامترهای هیدرولوژیکی (مانند TDS و EC) را در این نقاط تخمین زد. این کار باعث صرفه‌جویی قابل توجهی در وقت و هزینه می‌گردد. البته همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، هر چه تعداد چاه‌های آب موجود در منطقه بیشتر و فواصل نقاط اجرای سونداژهای الکتریکی از این چاه‌ها کمتر باشند، روابط بدست آمده از این طریق به واقعیت نزدیک‌تر است.

منابع

- ۱- باقری ص، (۱۳۸۶)، پایان نامه ارشد: "بررسی خصوصیات هیدروژنولوژیکی و هیدروژنوشیمیایی سفره آب زیرزمینی دشت سراب" دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، صص ۷ و ۸.
- ۲- حجت آ، (۱۳۸۲)، پایان نامه ارشد: "مطالعات ژئوالکتریک جهت بررسی آبهای زیرزمینی و ساختارهای زمین شناسی در محدوده آنومالی شماره ۳ معدن سنگ آهن گل گهر" دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، صص ۳۶-۴۰.
- ۳- سازمان آب منطقه‌ای سمنان، (۱۳۹۰)، گزارش شرکت زمین کاوگستر، "مطالعات الکتریک میامی جنوبی".
- ۴- سازمان زمین شناسی ایران.
- ۵- صداقت م، (۱۳۸۵) "زمین و منابع آب" جلد اول، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه پیام نور، صص ۷ و ۸.
- ۶- کامکار روحانی ا، (۱۳۸۸) "گزارش نهایی طرح پژوهشی شناسایی سنگ کف در بستر رودخانه قلعه دختر"
- ۷- کلاگری ع. ا، (۱۳۷۱) "اصول اکتشافات ژئوفیزیکی" جلد اول، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تبریز، صص ۱۸۰.
- ۸- مدنی ح، (۱۳۸۶) "آبکشی و آبرسانی در معادن" جلد اول، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، صص ۱۸-۲۲.

۹- مرادزاده ع، قوامی ریایی ر، (۱۳۸۶) "چاه‌پیمایی برای مهندسين" جلد اول، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه

صنعتی شاهرود، صص ۱۸-۲۲.

۱۰- نخعی م، لشکری‌پور غ، (۱۳۸۲)، نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم، جلد ۳، شماره ۱، "تخمین تخلخل و

آبدهی ویژه در آبخوان دشت شورو با استفاده از داده‌های مقاومت‌ویژه و روابط تجربی"، صص

۱۹۱-۲۰۰.

11- 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.

12- 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.

13- Barker, R., and Moore, J., 1998, The application of time-lapse electrical tomography in groundwater studies, The Leading Edge, 17, pp. 1454-1458.

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

15- Carpenter, P. J., Aizhong, D., and Lirong, C., 2009, Apparent Formation Factor for Leachate-Saturated Waste and Sediments: Examples from the USA and China, Journal of Earth Science, Vol. 20, No. 3, Department of Geology and Environmental Geosciences, Northern Illinois University, DeKalb, IL 60115, USA., pp. 606-617.

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

17- Domenico, P. A., and Schwartz, F. W., 1998, Physical and Chemical Hydrogeology, Vol 1, second edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.

18- Ginzburg, A., and Levanon, A., 1976, Determination of a salt-water interface by electric resistivity depth soundings, Department of Environmental Sciences, Tel Aviv University, Ramat Aviv, Israel., pp. 561-568.

- 19- Introduction to Regression Analysis, Wikipedia.org
- 20- Levanon, Ginzburg, 1997
- 21- Milson, J., 1989, Field Geophysics, Geological Society of London Handbook Series. pp. 90-97.
- 22- Mooney, H. M., 1980, Handbook of Engineering Geophysics: Vol.2: Electrical Resistivity, Bison Instruments, Inc.
- 23- Reynolds, J. M., 1997, An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, pp. 418-459.
- 24- Seaton, W. J., and Burbey, T. J., 2002, Evaluation of two-dimensional resistivity methods in a fractured crystalline-rock terrane, Journal of Applied Geophysics, Department of Geological Sciences, Virginia Tech, Blacksburg, VA 24061-0420, USA., pp. 21-41.
- 25- Telford, W. M., Geldart, L. P., and Sheriff, R. E., 1990, Applied Geophysics, Vol 1, second edition, Cambridge University Press.
- 26- Vogelsang, D., 1995, Environmental Geophysics, Springer-Verlag.
- 27- Weight, W. D., and Sonderegger, J. L., 2001, Manual of Applied Field Hydrogeology, Vol 1, second edition, McGraw- Hill.
- 28- www.ngdir.com
- 29- Zonge Engineering and Research Organization, 1994, The application of Surface Electrical Geophysics to groundwater problems, Electrical Geophysics Seminar notes. pp. 2-15.

Abstract

Geoelectrical method was applied in Miami area, located in semnan Province, to determine the lateral and depth extents of water-bearing formation. In this thesis, 1-D and 2-D interpretation of resistivity sounding data has been carried out. 1-D interpretation has been carried out using master curves and softwares such as VES and Ipi2win. I-D interpretation results shows that the resistivity values are higher in the north of the study area. Based on these results, the resistivity of the water bearing layer in the study area has been estimated 30-40 $\Omega.m$. (according to hydrologic parameters obtained from three water wells in the study area, such as TDS and EC that are less than 1000 units). 2-D interpretation of resistivity sounding data also has been carried out using different software packages such as Ipi2win and Res2dinv. We should mention that these two softwares are used to obtain geoelectric cross sections that show resistivity 2-D variations in the study area. The 2-D interpretation results also verify the higher resistivity values in the north of the study area. Obtaining a linear relationship between the results of 1-D interpretation of resistivity sounding data and hydrologic parameters obtained from three water wells in the study area, we use water resistivity values of the water-bearing layers (R_w) nearby the water wells and hydrologic parameters obtained from these wells (such as TDS and EC). Obtaining R_w , we should first compute the formatin factor (F) of the water-bearing layers nearby the water wells using porosity values (ϕ) of these layers. For this, we use the Archie's law which is a simple relationship between porosity and formation factor. We should mention that 1-D interpretation of resistivity sounding data gives us the resistivity of water-bearing layers (R_o). When we computed F values using Archie's law, the water resistivity values of the water-bearing layers (R_w) is obtained using a formula which is a simple relationship between F, R_o and R_w . Finally, a linear relationship has been obtained between 1-D interpretation results (in the other words R_w) and hydrologic parameters obtained from these three water wells (such as TDS and EC) using regression method.

Keywords: Miami- resistivity- 1-D interpretation- 2-D interpretation- geoelectric cross section- hydrologic parameters- formatin factor- Archie's law- water wells- regression.



Shahrood University of Technology
Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics

**Modeling and interpretation of resistivity sounding data and
determination of correlation between the interpretation results and
hydrological parameters in Miami province**

By:

B. poorsardari

Supervisor:

A. Kamkar Rouhani

A. ARAB AMIRI

Thesis Submitted for the Degree of Master of Science

2012