



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری



نشریه فنی

**آشکار سازی مرز شوری آب های زیر
زمینی در دو سایت پیشنهادی در آران و
بیدگل**

شماره ثبت: ۶۰۶۰۷

زمستان ۱۴۰۰

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

نشریه فنی

آشکارسازی مرز شوری آب‌های زیر زمینی در دو سایت پیشنهادی در آران و بیدگل

نویسنده:

مهدی رحمانی جوینانی

شماره فروست: ۶۰۶۰۷

زمستان ۱۴۰۰

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

عنوان: آشکارسازی مرز شوری آبهای زیر زمینی در دو سایت پیشنهادی در آران و بیدگل

نام و نام خانوادگی نویسنده / نویسندگان : مهدی رحمانی جوینانی

ویراستار: سعید نبی پی لشکریان

طراحی جلد و صفحه آراء: اکبر حسینی رشید

ناشر (موسسه / پژوهشکده / مرکز ملی): پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

شمارگان: ۱۰ نسخه

تاریخ انتشار: ۱۴۰۰

این اثر در مورخه ۱۴۰۰/۰۸/۲۵ با شماره ۶۰۶۰۷ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است. حق چاپ محفوظ است. نقل مطلب، تصاویر، جداول، منحنی‌ها و نمودارها با ذکر مآخذ بلامانع است.

فهرست مطالب

۱- کلیات.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۱-۲- معرفی علم ژئوفیزیک.....	۲
۱-۱-۲- روشهای مقاومت ویژه الکتریکی.....	۲
۱-۱-۱-۲- پیمایش با ابعاد ثابت.....	۳
۱-۲-۱-۱-۲- سونداژ الکتریکی قائم.....	۴
۱-۳- هدایت الکتریکی سنگها.....	۵
۴-۱- مروری بر منابع.....	۷
۲- مواد و روش ها.....	۸
۲-۱- ویژگی منطقه مطالعاتی.....	۸
۲-۲- موقعیت جغرافیایی و ویژگیهای زمینشناسی مناطق مورد مطالعه.....	۹
۳-۲- تجهیزات اندازه گیری.....	۱۱
۴-۲- متدولوژی انجام مطالعات.....	۱۱
۵-۲- مطالعات ژئوالکتریک چاه تقی.....	۱۱
۲-۵-۱- نتایج تفسیر ژئوالکتریک پروفیل چاه تقی.....	۱۲
۲-۶-۱- مطالعات ژئوالکتریک منطقه چاله سنبک.....	۱۴
۲-۶-۱- نتایج تفسیر ژئوالکتریک پروفیل منطقه چاله سنبک.....	۱۵
۳- نتایج.....	۱۶
۴- بحث و نتیجه گیری.....	۱۷
منابع و مأخذ:.....	۱۷

فهرست اشکال

- شکل ۱: آرایش‌های مختلف در برداشت به روش پروفیل زنی (Zohdy ، ۱۹۶۹) ۳
- شکل ۲: برداشت به روش آرایش دوقطبی- دوقطبی در امتداد پروفیل و موقعیت داده حاصله در مقطع مدل- سازی (Loke ، ۱۹۹۹)..... ۴
- شکل ۳: سونداژزنی شلومبرژه و ترسیم داده‌های حاصله بر حسب نصف فاصله الکترودی (Zohdy ، ۱۹۶۹). ۵
- شکل ۴: موقعیت چاه تقی و منطقه سنبک در منطقه ریگ بلند کاشان. ۱۰
- شکل ۵: نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ و ساختار زمین شناسی چاه تقی و منطقه سنبک. ۱۰
- شکل ۶: دستگاه SAS 4000 همراه با قرقره‌های جریان و پتانسیل. ۱۱
- شکل ۷: موقعیت پروفیل چاه تقی. ۱۲
- شکل ۸: محل قرارگیری داده‌ها در پروفیل چاه تقی. ۱۲
- شکل ۹: مقطع ژئوالکتریک پروفیل اول: در مرکز پروفیل چاه آبی به نام چاه تقی وجود دارد، لکه سبز رنگ در موقعیت ۱۰۰ متری اول پروفیل که تا عمق حدود ۵ متری ادامه دارد معرف میزان ستون آب لب شور در این چاه است. (منبع، همین مطالعه). ۱۳
- شکل ۱۰: مشخصات چاه تقی. ۱۴
- شکل ۱۱: موقعیت پروفیل چاله سنبک و مزارع کاشت هندوانه. ۱۵
- شکل ۱۲: محل قرارگیری داده‌ها در پروفیل چاله سنبک. ۱۵
- شکل ۱۳: مقطع ژئوالکتریک پروفیل چاله سنبک: در مرکز پروفیل (منطقه آبی رنگ با مقاومت ویژه ۶ اهم متر) شاهد وجود جریانات زیر قشری در فاصله نیم متری سطح زمین می باشیم ولی به دلیل شوری بالا (۱۰/۴۴۴ میلی زیمنس بر سانتی متر) قابل استفاده برای کشاورزی نیست (منبع، همین مطالعه). ۱۶

فهرست جداول

- جدول ۱: مقاومت ویژه الکتریکی برخی از انواع آب و سنگ (Telford، ۱۹۹۰). ۶
- جدول ۲: طبقه بندی پیشنهادی برای آبها از نظر شوری در آبیاری (مهندسین مشاور یکم، ۱۳۸۶). ۷
- جدول ۳: مختصات ابتدا و انتهای پروفیل چاه تقی. ۱۱
- جدول ۴: مختصات ابتدا و انتهای پروفیل چاله سنبک. ۱۴

چکیده

تفکیک مرز نوع شوری آب های زیر زمینی در مناطق کویری بسیار حائز اهمیت می باشد چرا که تأثیر زیادی در مدیریت و بهره برداری از آب در مصارف کشاورزی و خانگی دارد. این اثر ارائه دهنده طراحی دو پروفیل دوقطبی- دوقطبی در دو منطقه (چاه تقی و چاله سنبک) با کمترین زمان و هزینه ممکن به منظور تفکیک مرز نوع شوری آب های زیرزمینی است. در این خصوص، مدل سازی دو بعدی بر اساس داده های برداشت شده با استفاده از نرم افزارهای RES2DINV و تدقیق سازی نتایج مدل با استفاده از مطالعات زمین شناسی و چاه موجود در منطقه انجام پذیرفت. با توجه به نتایج حاصله، مرز آب لب شور و ابر شور و ستون آب لب شور در پروفیل منطقه چاه تقی به میزان ۵ متر و با استفاده از قانون آرچی تخلخل ۰/۲۹ حاصل شد. در پروفیل دوم در منطقه چاله سنبک، بدون حفاری و با استفاده از نتایج مدل و میزان تخلخل به دست آمده از پروفیل اول، میزان شوری آب حدود ۱۰۴۴۴ میکروزیمنس بر سانتی متر تخمین زده شد و در دسته آب خیلی شور قرار گرفت.

واژه های کلیدی: پروفیل دوقطبی-دوقطبی، آب زیر زمینی لب شور و ابر شور، چاه تقی، چاله سنبک، نرم

افزار RES2DINV

۱- کلیات

۱-۱- مقدمه

هدف از انجام این مطالعات در این منطقه عمدتاً دستیابی به آشکارسازی مرز بین شوری آب‌های زیر زمینی در دو سایت پیشنهادی در آران و بیدگل و ضرورت آن در تعیین ستون آب لب شور در منطقه و تعیین میزان شوری آب زیر زمینی بدون حفاری است.

۱-۲- معرفی علم ژئوفیزیک

هدف از اکتشافات ژئوالکتریکی بدست آوردن داده‌های لازم در رابطه با ساختار زیرسطحی، با صرفه اقتصادی و با دقت کافی می‌باشد. بررسی‌های مستمری که برای کشف انواع فلزات و اکتشاف نفت و گاز در آغاز قرن بیستم انجام شد، سبب گردید تا تعدادی از روش‌های ژئوفیزیکی توسعه یافته و دستگاه‌هایی متناسب با این روشها با دقت و حساسیت مناسب برای آشکارسازی نهشته‌ها و آشکارسازی ساختارهای زیر سطحی طراحی و ارائه گردد.

روش‌های عمده در ژئوفیزیک اکتشافی عبارتند از: گرانش، مغناطیس، الکتریکی، الکترومغناطیس، لرزه شناسی، چاه پیمایی. در انتخاب روش‌های مذکور جهت انجام عملیات اکتشافی، عواملی مانند نوع اکتشاف، محل، هزینه و ... تأثیرگذار هستند. روش گرانش و لرزه‌شناسی عمدتاً برای اکتشاف ذخایر هیدروکربن که در اعماق بیش از ۳ کیلومتر قرار دارند بکار می‌رود و از چاه پیمایی برای تدقیق سازی نتایج این روش‌ها استفاده می‌گردد. از روش مغناطیس برای اکتشاف ذخایر فلزی که خاصیت مغناطیس دارند استفاده می‌شوند. از میان روش‌های مختلف ژئوفیزیکی، روش‌های الکتریکی شامل اندازه‌گیری‌های مقاومت ویژه الکتریکی، الکترومغناطیسی، قطبش القایی، مگنتوتلوریک و... است که کاربرد عمده آنها در مطالعه آب‌های زیرزمینی، تعیین عمق سنگ کف و اکتشافات معدنی می‌باشد (Telford، ۱۹۹۰).

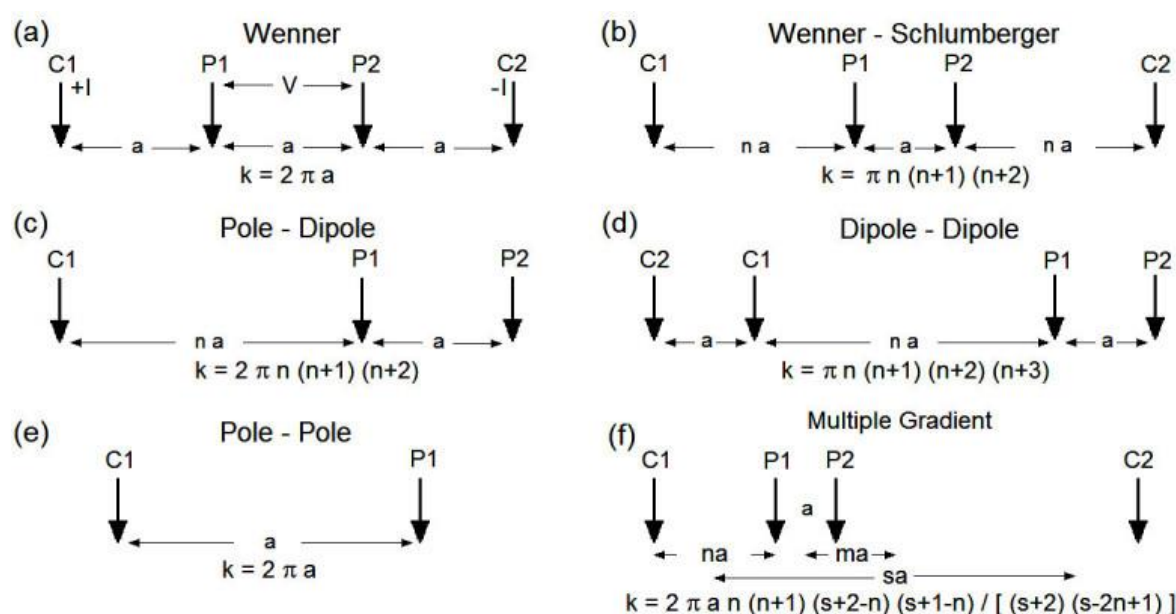
۱-۱-۲- روشهای مقاومت ویژه الکتریکی

اساس این روش‌ها بر مبنای تعیین مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌های زیرسطحی می‌باشد. مقاومت ویژه لایه‌های زیرسطحی به عوامل مختلف زمین‌شناسی مانند محتوی سیال و کانی، درجه تخلخل و میزان اشباع آب در حفره‌ها و سنگ‌ها بستگی دارد. اندازه‌گیری‌های مقاومت ویژه الکتریکی توسط تزریق جریان به زمین از طریق الکترودهای جریان و اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل حاصله توسط الکترودهای پتانسیل انجام می‌شود (Telford، ۱۹۹۰).

بدون در نظر گرفتن نوع آرایش الکتروودی و بسته به هدف مطالعات، دو روش مهم در کاوش‌های مقاومت ویژه به کار می‌رود که عبارتند از:

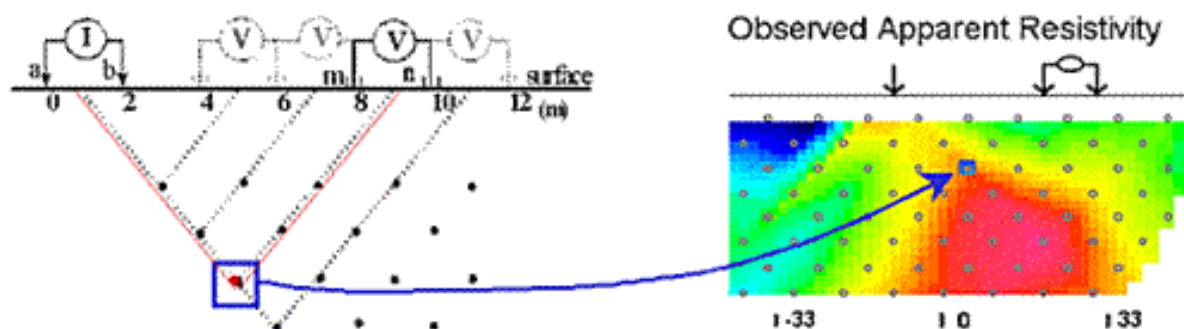
۲-۱-۱- پیمایش با ابعاد ثابت

این روش که به عنوان پروفیل‌زنی الکتریکی^۱، یا به نقشه در آوردن نیز نامیده می‌شود، برای بررسی تغییرات جانبی مقاومت ویژه در عمق معین به کار می‌رود. در این روش ابعاد آرایش ثابت مانده و مجموعه الکترودها در طول یک پروفیل جابه‌جا می‌شوند. این روش در اکتشاف کانی‌ها و تعیین محل گسل‌ها یا مناطق شکستگی و همچنین برای آشکارسازی توده‌های متراکم رسانا به کار می‌رود.



شکل ۱: آرایش‌های مختلف در برداشت به روش پروفیل زنی (Zohdy, ۱۹۶۹)

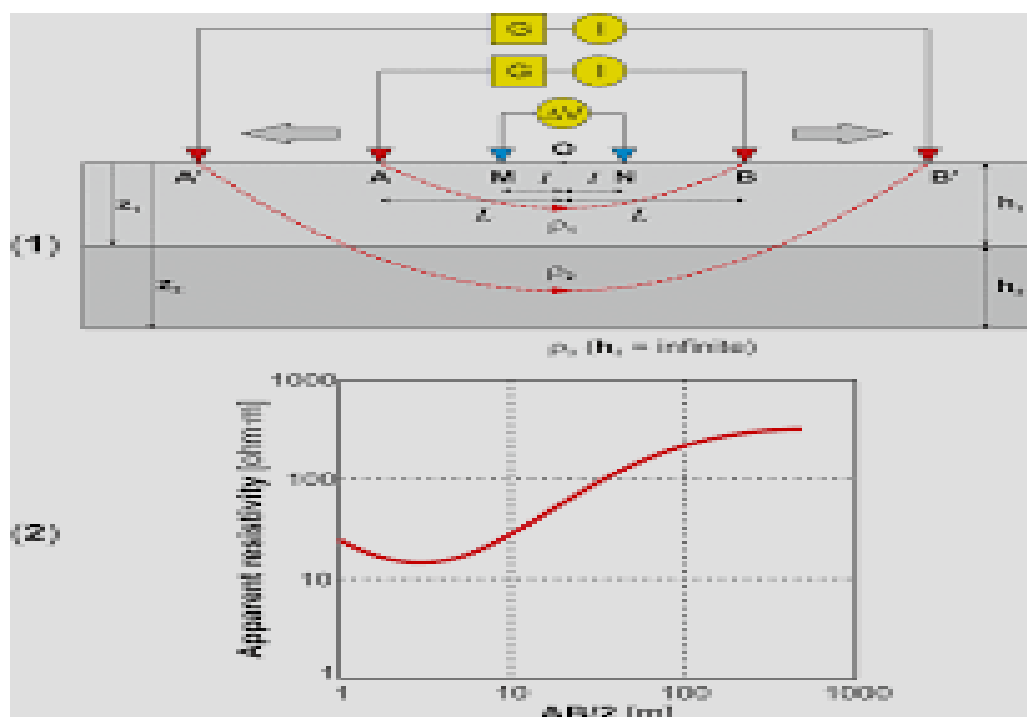
یکی از روش‌های متداول در تعیین مرز لایه بندی، برداشت به روش دوقطبی- دوقطبی است. در این روش فاصله بین الکترودهای جریان و پتانسیل ثابت بوده و پهن‌شدگی آرایش بسته به ساختار زمین‌شناسی و دقت دستگاه افزایش می‌یابد. داده‌های حاصله بسته به فاصله بین الکترودها و پهن‌شدگی آرایش و موقعیت الکترودها، به عمق مربوطه نسبت داده می‌شود. شکل زیر نمایی از برداشت به روش آرایش دوقطبی - دوقطبی و موقعیت داده برداشت شده در مقطع مدل‌سازی را نشان می‌دهد.



شکل ۲: برداشت به روش آرایش دوقطبی- دوقطبی در امتداد پروفیل و موقعیت داده حاصله در مقطع مدل‌سازی (Loke, ۱۹۹۹)

۲-۱-۲- سونداژ الکتریکی قائم

این روش به نام حفاری الکتریکی^۲ نیز نامیده می‌شود. فرض بر این است که می‌توان ساختار الکتریکی زمین را با تابع مقاومت ویژه یک بعدی، $\rho = \rho(Z)$ توصیف کرد. بدین معنی که مقاومت ویژه فقط نسبت به عمق در داخل زمین تغییر می‌کند. در واقع فرض بر این است که تغییر جانبی مقاومت ویژه زمین که توسط $\rho = \rho(y, x)$ بیان می‌شود، آن قدر کوچک است که $\rho(Z)$ می‌تواند مستقل از این تغییرات باشد. این فرض اساس روشهای گوناگون سونداژ الکتریکی است. در این روش بسته به نوع آرایش، ابعاد آرایش جهت دستیابی به اعماق بیشتر تدریجاً افزایش می‌یابد. با استفاده از این روش مقاومت ویژه لایه‌های افقی (با شیب ملایم)، عمق لایه‌ها و سنگ کف‌های کم عمق قابل آشکارسازی است. یکی از روشهای متداول در حفاری الکتریکی، سونداژزنی به روش شلومبرژه است. مقاومت ویژه ظاهری بر حسب نصف فاصله الکترودی ترسیم و تفسیر می‌شود. شکل زیر نمایی از سونداژزنی شلومبرژه و ترسیم داده‌های حاصله بر حسب نصف فاصله الکترودی ($AB/2$) است.



شکل ۳: سونداژنی شلومبرژه و ترسیم داده‌های حاصله بر حسب نصف فاصله الکترودی (Zohdy, ۱۹۶۹)

۳-۱- هدایت الکتریکی سنگ‌ها

هدایت الکتریکی سنگ‌ها به طور عمده به جنس کانی‌های تشکیل دهنده آنها بستگی دارد. در صورتی که سنگ متراکم باشد، مقاومت ویژه الکتریکی آن بالا خواهد بود اما به دلیل وجود خلل و فرج در سنگ‌ها مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی آنها متفاوت می‌باشد.

به طور کلی عوامل موثر در مقاومت ویژه الکتریکی سنگ‌ها عبارتند از: حجم خلل و فرج موجود در سنگ، میزان شکستگی‌ها، طرز قرار گرفتن خلل و فرج سنگ، چگونگی ارتباط آنها با یکدیگر، حجمی از خلل و فرج سنگ که حاوی آب است، قابلیت هدایت الکتریکی آب موجود در سنگ و جنس کانی‌های تشکیل دهنده سنگ. بنابراین مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌ها بستگی به وضعیت زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه دارد. به عبارت دیگر تفکیک لایه‌ها از نظر زمین‌شناسی تنها با بدست آوردن مقاومت ویژه الکتریکی آنها میسر نبوده بلکه مقاومت ویژه الکتریکی تشکیلات زمین‌شناسی هر منطقه باید به طور جداگانه تعیین و با مقادیر به دست آمده مطابقت داده شود. همان طور که جدول ۱ نشان می‌دهد، مقاومت ویژه سنگ‌ها متغیر است. این مقدار از حدود ۰/۰۰۱ اهم‌متر برای مواد معدنی مانند گرافیت، تا بیش از $۱۰^{۱۲}$ اهم‌متر برای کوارتزیت خشک تغییر می‌کند. بیشتر سنگ‌ها و مواد معدنی در حالت خشک (فاقد رطوبت) عایق هستند. به طور طبیعی تقریباً همه سنگ‌ها محتوی مقداری آب با نمک‌های محلول در آن دارای رسانایی یونی می‌باشند. این رسانایی به نوع

الکترولیت و درجه پیوستگی منافذ (تخلخل‌ها، شکاف‌ها و ترک‌ها) و حجم نسبی اشباع شده این منافذ با آب، بستگی دارد.

در سنگ‌هایی مانند بازالت یا گرانیت، مقاومت ویژه بسته به پیوستگی منافذ داخلی سنگ‌ها، می‌تواند از چند اهم‌متر تا چندین هزار اهم‌متر تغییر کند. مناطق دارای شکستگی محتوی آب در سنگ‌ها، معمولاً دارای مقاومت پایینی هستند. مقاومت ویژه آب از ۱۰ تا ۱۰۰ اهم‌متر بسته به میزان نمک محلول در آن، متغیر است. به عنوان مثال مقاومت ویژه پایین آب دریا (۰/۲ اهم‌متر) به دلیل غلظت بالای نمک محلول در آن می‌باشد. جدول زیر تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی برخی سنگ‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مقاومت ویژه الکتریکی برخی از انواع آب و سنگ (Telford، ۱۹۹۰)

نوع آب یا سنگ	مقاومت ویژه الکتریکی بر حسب اهم متر
کوارتزیت	$10^8 - 10^2$
گرانیت	$10^6 - 5 \times 10^3$
بازالت	$10^6 - 10^3$
سنگ آهک	$10^2 - 50$
آب زیر زمینی	$10 - 100$
آب دریا	0.2

با اندازه‌گیری مقاومت ویژه به روشهای ژئوالکتریکی، مقاومت ویژه سازند تعیین می‌شود برای تعیین مقاومت ویژه آب سازند می‌توان از قانون آرچی^۳ استفاده کرد. عکس مقاومت ویژه آب، هدایت الکتریکی آب و واحد آن در سیستم متریک، زیمنس بر متر است و یکی از راه‌های ساده تعیین غلظت املاح محلول در آب، اندازه‌گیری هدایت الکتریکی است. با تعیین هدایت الکتریکی می‌توان به میزان شوری آب دست یافت. جدول (۲) طبقه‌بندی پیشنهادی برای آب‌ها از نظر شوری در آبیاری است. محدوده‌های عددی ارائه شده در جدول یادشده تقریبی هستند. چنان‌چه نتایج تجزیه آبی تا پنج درصد بیش از حداکثر ارائه شده در هر گروه باشد، می‌توان آن را در همان گروه قلمداد کرد.

جدول ۲: طبقه بندی پیشنهادی برای آب‌ها از نظر شوری در آبیاری (مهندسين مشاور یکم، ۱۳۸۶)

نام دسته	هدایت الکتریکی بر حسب میکرو زیمنس بر سانتی متر
غیر شور ^۴	<۷۰۰
کم شور ^۵	۷۰۰-۲۵۰۰
لب شور ^۶	۲۵۰۰-۸۰۰۰
شور ^۷	۸۰۰۰-۱۲۰۰۰
خیلی شور ^۸	۱۲۰۰۰-۲۰۰۰۰
ابر شور ^۹	>۲۰۰۰۰

در مطالعه تعیین مرز شوری آب زیرزمینی در منطقه آران و بیدگل از توموگرافی دوقطبی – دوقطبی استفاده شده است. دلیل انتخاب آرایه دوقطبی-دوقطبی، به سبب حساسیت بالای این آرایه به تغییرات افقی مقاومت ویژه بوده که باعث شده این آرایه در به نقشه در آوردن ساختارهای پیوسته به مانند تعیین مرز شوری آب زیرزمینی نسبت به سایر آرایه ها قوی تر باشد.

۱-۴- مروری بر منابع

مرور بر منابع نشان داد که طیف وسیعی از تحقیقات موضوعی و موضعی پیرامون شناسایی آبهای زیرزمینی و روشهای بررسی منتشر شده که با توجه به هدف اکتشاف و نوع ساختار زمین شناسی ، می توان از آرایه های الکترودی متفاوتی از قبیل آرایه مربعی^{۱۰} ، دوقطبی – دوقطبی^{۱۱} ، قطبی-دوقطبی^{۱۲} ، و نر^{۱۳} و شلومبرژه^{۱۴} استفاده کرد که هر کدام دارای مزایا و محدودیت های مربوط به خود می باشند (Habberjam, ۱۹۷۲). Boleve و همکاران (2009) روش توموگرافی پتانسیل خودزا را برای تعیین حرکت آب در سدهای خاکی در جنوب فرانسه مورد مطالعه قرار دادند و موفق ردیابی نشت آب از دیداره سد شدند. قلی نژاد (۱۳۹۶) با استفاده از آرایه شلومبرژه در اراضی کشاورزی روستای گلشین از توابع شهرستان ساری به شناسایی لایه های آب شیرین

-
- 4 - Non Saline
 - 5 - Slightly Saline
 - 6 - Brackish
 - 7 - Saline
 - 8 - Very Saline
 - 9 - Hyper Saline
 - 10- Square Array
 - 11-Dipole-Dipole
 - 12-Pole-Dipole
 - 13-Wener
 - 14-Schlumberger

در سفره آب شور پرداخت و نتایج حاصل نشان داد برخلاف تصور رایج، در برخی نقاط، در لایه‌های اشباع از آب شور، میان لایه های آب شیرین یافت می‌شوند که به وضوح در منحنی‌های مقاومت ویژه خودنمایی می‌کنند. اسحاقی و همکاران (۱۳۹۲) از روش توموگرافی دوقطبی- دوقطبی به منظور بررسی قنات و ساختارهای زیر سطحی کم عمق استفاده کردند در مقاطع حاصله، موقعیت قنات از روی کاهش مقاومت ویژه ناشی از نفوذ رطوبت به اطراف مشخص گردید. لشکری پور و همکاران (۱۳۸۷) از سه پروفیل موازی با مجموع ۱۹ سونداژ شلومبرژه در حوضه آمودریا در شمال شرق افغانستان به ردیابی مسیرهای قدیمی رودخانه آمودریا پرداختند و منجر به اکتشاف آبخوانی باریک برای تأمین آب شرب شدند. شریفی و همکاران (۱۳۹۶) از توموگرافی الکتریکی در آشکارسازی حرکت آب و ارزیابی عملکرد اقدامات آبخیزداری در حوزه آبخیز وردیج استفاده کردند و موفق به شناسایی فرار آب از کرانه راست سد زیرزمینی وردیج شدند.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- ویژگی منطقه مطالعاتی

در این بخش خصوصیات و ویژگی‌های منطقه از جمله موقعیت جغرافیایی، زمین‌شناسی عمومی و چینه‌شناسی منطقه، به طور مختصر مورد بحث قرار می‌گیرند. تا پیش زمینه مناسبی نسبت به منطقه جهت مطالعات ژئوفیزیکی و تفسیر داده‌های آن حاصل گردد.

گستره شهرستان آران و بیدگل، در طول جغرافیایی بین ۵۱ تا ۵۲ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ تا ۴۵ شمالی قرار گرفته است. از لحاظ زمین ریخت‌شناسی، غربی‌ترین بخش دشت کویر واقع در کویر مرکزی بوده که توسط رشته کوه‌های کم ارتفاع نخجیر و ملک‌آباد از پلائیو جندق واقع در شرق کویر مرکزی تفکیک می‌شود.

از جمله بارزترین واحدهای زمین شناسی و ریخت شناسی این منطقه می‌توان به بخش کوهستانی با ارتفاع متوسط ۱۵۰۰ متر شامل سیاه کوه، ارتفاعات دوازده امام، کوه لطیف، رشته کوه‌های یخ آب، سفید آباد و تپه‌های ماهور البرز، دشت‌های آبرفتی شامل رودخانه‌های فصلی که به دریاچه نمک منتهی می‌شوند، ماسه‌های روان (نوار عظیم ریگ بلند که به صورت نعل اسبی شکل از حواشی مرنجاب تا ابوزیدآباد ادامه می‌یابد) و حوزه تبخیری دریاچه نمک که با وسعت ۲۵۰۰ کیلومتر مربع واقع در پست‌ترین بخش منطقه شامل جلگه رسی مرطوب، بخش باتلاقی و کفه نمکی تحت و مسطح می‌باشد، است.

از لحاظ تقسیم بندی مناطق ایران به واحد زمین‌شناسی، گستره آران و بیدگل جزء واحد ایران مرکزی، منطقه پشت کانی موسوم به تبریز- بزمان می‌باشد.

با توجه به رخساره‌های مختلف زمین‌شناسی منطقه یادشده، از جمله پتانسیل‌ها و توانمندی معدنی این سرزمین، وجود کفه‌های نمکی موسوم به دریاچه نمک می‌باشد که بخش وسیعی از اراضی شمالی شهرستان را پوشش می‌دهد. مطالعات زمین‌شناسی نشان می‌دهد که این دریاچه در گذشته وسعت زیادتری داشته و کفه‌های نمک در حوالی قم، ورامین، گرمسار و سمنان را می‌پوشانده است. ستون سنگ‌هایی که در یکی از چاهک‌های شرکت نفت در این حوزه تبخیری حفر شده، به ترتیب از بالا به پایین شامل:

لایه نمکی سطحی متراکم با ضخامت ۷ متر

لایه رسی نمکی دار قهوه‌ای با ضخامت ۱/۷ متر

لایه رسی گچ دار سبزرنگ با ضخامت ۱/۷ متر

لایه رسی نمکی قهوه‌ای با ضخامت ۲ متر

لایه نمکی با ضخامت ۱/۳ متر

لایه گچ متشکل از دانه‌های ریز گچ با ضخامت ۹/۲ متر

لایه رسی و نمکی ۱۱/۱ متر

لایه رسی سبزرنگ و قهوه‌ای نمک دار با ضخامت ۶ متر

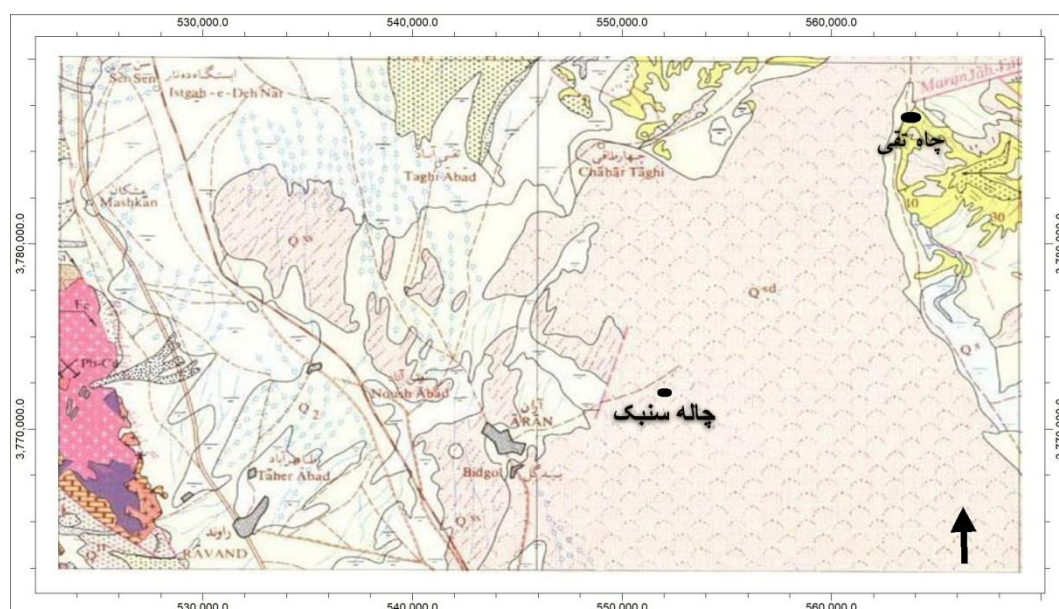
ستون سنگی فوق نشان می‌دهد که حدود ۴۰ متر رسوبات تبخیری دانه ریز به طور متناوب و بعضاً مخلوط متعلق به نهشته‌های تخریبی رسی و رسی گچ دار و یا نمک دار مربوط به مواقع پر باران و نهشته‌های مختلف نمکی مربوط به زمان خشکی زیاد و تبخیر شدید است. منشأ کاتیون‌ها و آنیون‌ها موجود در املاح دریاچه نمک را باید در سنگ‌های سیلیکاته و سولفیدهای معدنی جست و جو کرد. هوازگی و تجزیه شیمیایی این سنگ‌ها، به تدریج انواع یون‌ها را از طریق آب‌ها در طی سالیان متمادی وارد دریاچه کرده است. در حال حاضر سولفات دو سود، نمک‌های منیزیم و سدیم، از جمله مهم‌ترین منابع اقتصادی پلایای دریاچه نمک محسوب می‌شود. ماسه‌های روان حاصل از نوار ریگ بلند که به صورت برخان‌ها و تپه‌های متشکل از دانه‌های سلیس، فلدسپات و کانی‌های آهن‌دار می‌باشد، امروزه در صنعت آجر پزی، ختائی، سفال، کاشی و سرامیک به همراه خاک‌های رسی مورد استفاده واقع می‌شوند (بنی طبّا، ۱۳۹۷).

۲-۲- موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های زمین‌شناسی مناطق مورد مطالعه

سایت اول در محل چاه تقی با مختصات عرض و طول جغرافیایی $34^{\circ} 33' 13''$ و $51^{\circ} 41' 30''$ در مجاورت تپه‌های شنی (Q_{sd}) و در کفه نمکی (Q_s) واقع شده و سایت دوم در منطقه چاه سنبک با مختصات عرض و طول جغرافیایی $34^{\circ} 5' 18.25''$ و $51^{\circ} 33' 39.49''$ در تپه‌های شنی (Q_{sd}) قرار دارد.



شکل ۴: موقعیت چاه تقی و منطقه سنبک در منطقه ریگ بلند کاشان



شکل ۵: نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ و ساختار زمین شناسی چاه تقی و منطقه سنبک

به منظور بررسی و تعیین ضخامت رسوبات آبرفتی، سنگ بستر، تعیین سطح ایستابی، بررسی کیفیت آب موجود و تعیین حدود مناطقی که از لحاظ آبهای زیرزمینی غنی می‌باشد، از روشهای ژئوالکتریک استفاده می‌گردد. این روش بر اساس خصوصیات الکتریکی لایه‌های زیر سطحی و بر مبنای قانون اهم عمل می‌نماید. به عبارت دیگر لایه‌های مختلف زیر سطحی بر حسب مقاومت الکتریکی مخصوص بخود از دیگر لایه ها قابل

تشخیص می‌باشد. زیرا مقاومت الکتریکی لایه‌های مختلف زمین بر حسب جنس مواد تشکیل دهنده لایه‌ها (درصد مواد ریزدانه) و نوع آب موجود در لایه لای ذرات، مقاومت‌های متغیری را نشان می‌دهند. بر اساس این تغییر، مقاومت‌ها لایه‌های زیر سطحی قابل تشخیص می‌باشند. گاهی اوقات نزدیک بودن مقاومت مخصوص لایه‌ها به همدیگر به اندازه‌ای است که تفکیک آنها امکان‌پذیر نمی‌باشد و یا ضخامت لایه آنقدر کوچک است که قابل تفکیک نمی‌باشد. در این مواقع باید در کنار روش‌های ژئوفیزیکی انجام عملیات حفاری در مناطق محدودی در دستور کار قرار گیرد تا امکان تشخیص و تفکیک جزئی لایه‌های زیر سطحی فراهم آید.

۲-۳- تجهیزات اندازه گیری

بررسی‌ها با استفاده از دستگاه تردیمنت SAS 4000 ساخت کشور سوئد انجام گردید.



شکل ۶: دستگاه SAS 4000 همراه با قرقره‌های جریان و پتانسیل

۲-۴- متدولوژی انجام مطالعات

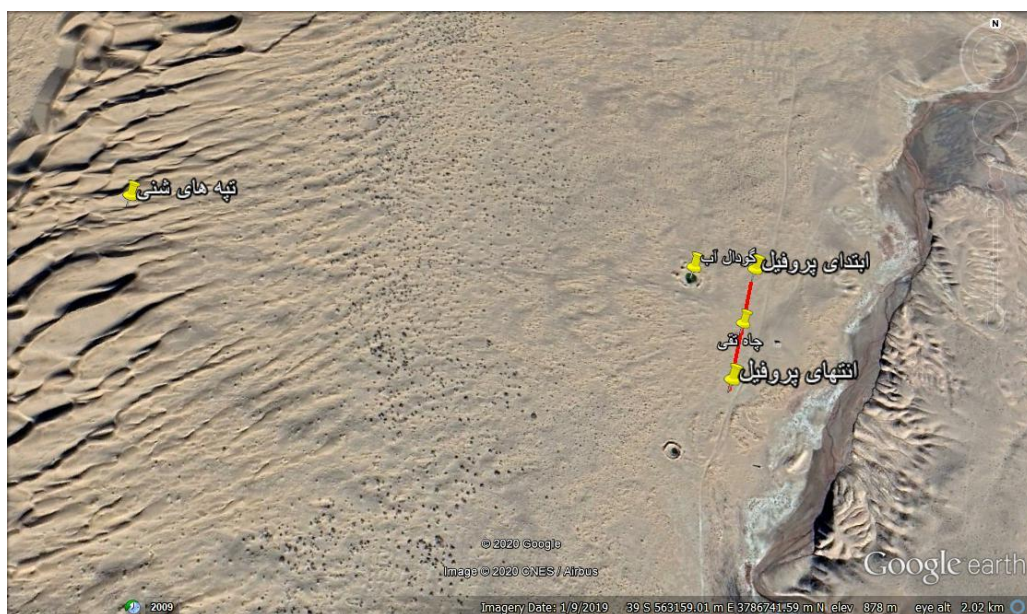
در مطالعات ژئوالکتریک در محدوده مورد مطالعه به سبب بررسی اهداف مورد نظر از روش چهار الکترودی دو قطبی- دوقطبی استفاده گردیده است.

۲-۵- مطالعات ژئوالکتریک چاه تقی

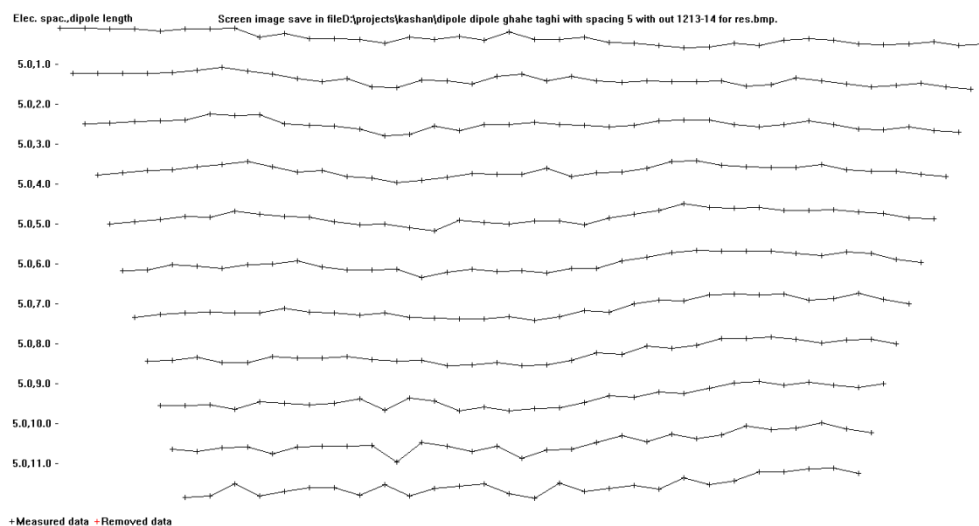
برای مطالعه محل چاه تقی، پروفیلی با آرایش دوقطبی - دوقطبی در فاصله ۱/۵ متری چاه، با گام برداشت ۵ متر و تا عمق اکتشاف حدوداً ۱۶ متر و به طول ۲۰۰ متر با مختصات ذیل برداشت گردید (موقعیت چاه در فاصله ۱۰۰ متری ابتدای پروفیل در مرکز آن قرار دارد). در طول این پروفیل ۴۳۵ قرائت (داده) در مدت زمان دو روز برداشت شد.

جدول ۳: مختصات ابتدا و انتهای پروفیل چاه تقی

	X	Y
مختصات ابتدای پروفیل	۵۶۳۴۵۹/۶	۳۷۸۶۶۱۷/۱۵
مختصات انتهای پروفیل	۵۶۳۵۱۶/۳۱	۳۷۸۶۸۰۷/۵۵



شکل ۷: موقعیت پروفیل چاه تقی

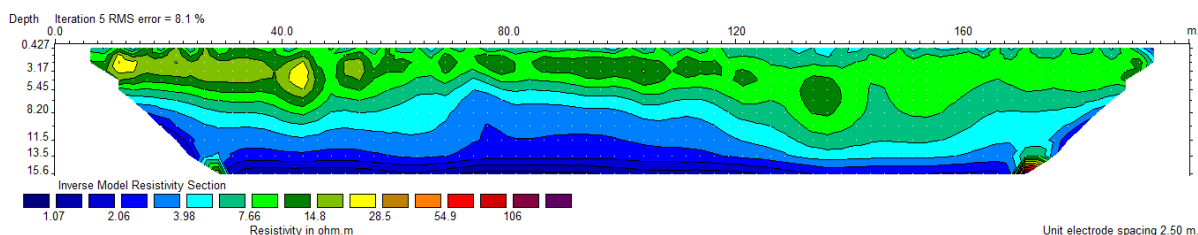


شکل ۸: محل قرارگیری داده‌ها در پروفیل چاه تقی

۲-۵-۱- نتایج تفسیر ژئوالکتریک پروفیل چاه تقی

داده‌های برداشت شده پس از آنالیز اولیه (بررسی داده‌ها و حذف داده‌های پرت، شکل ۸) با اعمال توپوگرافی در نرم افزار اصلی RES2DINV مدل سازی شد (Loke، ۲۰۰۴ و ۲۰۱۳). شکل زیر مقطع ژئوالکتریک پروفیل

اول تا عمق حدوداً ۱۶ متری سطح زمین است. لازم به ذکر است که عمق اکتشاف بر اساس گام برداشت و حداکثر فاصله بین الکترودهای پتانسیل و جریان تعیین می‌شود.



شکل ۹: مقطع ژئوالکتریک پروفیل اول: در مرکز پروفیل چاه آبی به نام چاه تقی وجود دارد، لکه سبز رنگ در موقعیت ۱۰۰ متری اول پروفیل که تا عمق حدود ۵ متری ادامه دارد معرف میزان ستون آب لب شور در این چاه است (منبع، همین مطالعه)

همانطور که در شکل (۹) ملاحظه می‌شود فرآیند مدل‌سازی با ۵ تکرار و خطای ۷/۹ (Iteration 5 Abs. Error=8.1) صورت گرفته که این امر، معقول در فرآیند مدل‌سازی است. دامنه مقاومت ویژه ظاهری در مقطع بالا بین یک اهم متر (آبی پر رنگ) تا بیش از ۱۰۶ اهم متر (قرمز تیره) می‌باشد و هر چه به عمق می‌رویم مقاومت ویژه الکتریکی کاسته می‌شود. مقاومت ویژه پایین، بیانگر محیطی خیلی رسانا و مقاومت ویژه بالا بیانگر رسانایی کمتر است.

در مرکز پروفیل چاه آبی به نام چاه تقی وجود دارد. عمق چاه (تقی) ۱/۷۵ متر و سطح ایستابی آب ۱/۲۵ متر است (شکل ۱۰). هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده از نمونه آب چاه ۴۸۲۰ میکرو زیمنس بر سانتی متر (۲/۰۷۴۶ اهم متر) است که بر اساس جدول (۲) در دسته آب لب شور قرار می‌گیرد. از روابط بین مقاومت ویژه آب با مقدار مقاومت ویژه سازند (قانون آرچی) می‌توان تخلخل را تخمین زد:

$$\rho = \rho_w a(\phi)^{-m} \quad (1)$$

که در آن: ρ : مقاومت ویژه الکتریکی سازند، ρ_w : مقاومت ویژه الکتریکی آب داخل سازند، a : ضریب هندسی فضای خالی سنگ و در بیشتر رسوبات سخت نشده برابر یک (atkins و همکاران، ۱۹۶۱)، ϕ : تخلخل و m ضریبی است که به درجه سیمانی شدن دانه‌های تشکیل دهنده سفره آبخوان وابسته است و برای ماسه کوارتزی می‌توان مقدار $m = 1/5$ در نظر گرفت. با توجه به شکل (۹) در فاصله ۱۰۰ متری ابتدای پروفیل (موقعیت چاه) و در عمق ۱/۷۵ از سطح زمین مقاومت الکتریکی سازند آبدار حدوداً ۱۳ اهم متر است و با جایگزینی در فرمول (۱) مقدار تخلخل $\phi = 0.29$ می‌شود.



شکل ۱۰: مشخصات چاه تقی

از تخلخل به دست آمده و مقدار مقاومت ویژه دو اهم متری در عمق ۱۶ متری در موقعیت مرکز پروفیل، مقدار مقاومت ویژه آب سازند $\rho_w = 0/31$ اهم متر و یا 33130 میکرو زیمنس بر سانتی متر می‌شود که شوری آن بر اساس جدول (۲) در دسته آب ابر شور قرار می‌گیرد؛ بنابراین هرچه از سطح به عمق حرکت شود بر شوری آب سازند افزوده می‌شود.

۲-۶- مطالعات ژئوالکتریک منطقه چاله سنبک

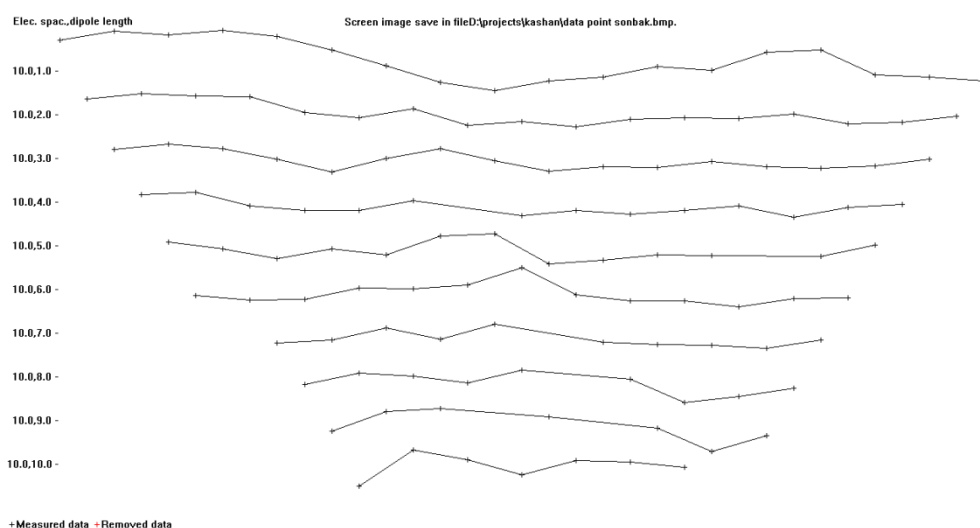
برای مطالعه منطقه چاله سنبک، پروفیلی با آرایش دوقطبی - دوقطبی با گام برداشت ۱۰ متر و تا عمق اکتشاف حدوداً ۲۷ متر و به طول ۲۰۰ متر با مختصات جدول (۴) برداشت گردید (لازم به ذکر است مکان انتخاب شده با مزارع هندوانه (مکان پیشنهادی اولیه) به دلیل اجازه ندادن مالکین مزارع، حدوداً ۱۵۰۰ متر فاصله دارد (شکل ۱۱)). در طول این پروفیل ۱۲۴ قرائت (داده) در مدت زمان یک روز برداشت شد.

جدول ۴: مختصات ابتدا و انتهای پروفیل چاله سنبک

	X	Y
مختصات ابتدای پروفیل چاله سنبک	۵۵۱۷۵۲	۳۷۷۲۰۰۰
مختصات انتهای پروفیل چاله سنبک	۵۵۱۷۵۱	۳۷۷۲۱۹۹



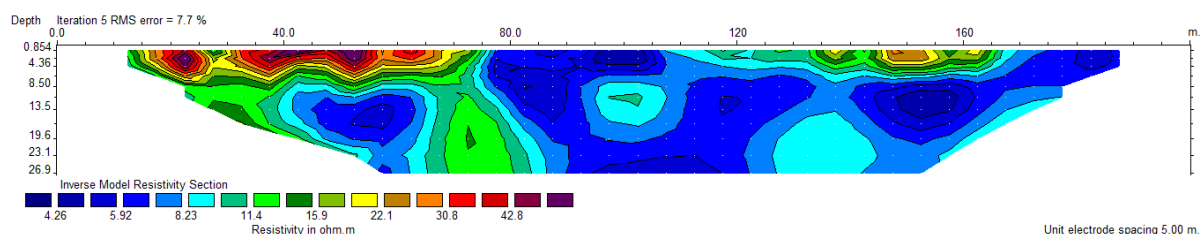
شکل ۱۱: موقعیت پروفل چاله سنیک و مزارع کاشت هندوانه



شکل ۱۲: محل قرارگیری داده‌ها در پروفل چاله سنیک

۲-۶-۱- نتایج تفسیر ژئوالکتریک پروفل منطقه چاله سنیک

داده‌های برداشت شده پس از آنالیز اولیه (بررسی داده‌ها و حذف داده‌های پرت، شکل ۱۲) با اعمال توپوگرافی در نرم افزار اصلی RES2DINV مدل‌سازی شد. شکل (۱۳) مقطع ژئوالکتریک پروفل دوم تا عمق حدوداً ۲۷ متری سطح زمین است. لازم به ذکر است که عمق اکتشاف بر اساس گام برداشت و حداکثر فاصله بین الکترودهای پتانسیل و جریان تعیین می‌شود.



شکل ۱۳: مقطع ژئوالکتریک پروفیل چاله سنبک: در مرکز پروفیل (منطقه آبی رنگ با مقاومت ویژه ۶ اهم متر) شاهد وجود جریان‌ات زیر قشری در فاصله نیم متری سطح زمین می باشیم ولی به دلیل شوری بالا (۱۰/۴۴۴ میلی زمینس بر سانتی متر) قابل استفاده برای کشاورزی نیست (منبع، همین مطالعه)

همانطور که در شکل (۱۳) ملاحظه می‌شود فرآیند مدل‌سازی با ۵ تکرار و خطای ۷/۷ (Iteration 6 Abs. Error=7.7) صورت گرفته که این امر، معقول در فرآیند مدل‌سازی است. در مقطع بالا مقاومت ویژه مناطق آبی رنگ به طور متوسط حدود ۶ اهم متر است که با توجه به قانون آرچی مقاومت ویژه آب زیر زمینی ۰/۹۵ اهم متر و یا ۱۰۴۴۴ میکرو زمینس بر سانتی متر است و بر اساس جدول (۲) در دسته آب شور قرار می‌گیرد و این نتیجه حاصل می‌شود که هر چه از مزارع کاشت هندوانه (ریگ بلند و تپه های شنی) فاصله گرفته شود، آب زیر زمینی شورتر می‌شود.

۳- نتایج

در منطقه مورد مطالعه به منظور تحقق هدف، آشکارسازی مرز بین جریان زیرقشری آب لب شور و ابر شور در دو سایت پیشنهادی در آران و بیدگل، در مدت زمان ۳ روز اقدام به برداشت ۲ پروفیل ژئوالکتریک به روش دوقطبی- دوقطبی گردید. در پروفیل اول در منطقه چاه تقی (با گام برداشت ۵ متر و عمق اکتشاف ۱۶ متر) مرز بین آب زیر زمینی لب شور و ابر شور در عمق ۵ متر شناسایی شد و هر چه به عمق می رویم مقاومت ویژه الکتریکی (از ۱۳ اهم متر به حدود ۱ اهم متر) کاسته و بر شوری آب سازند افزوده می‌شود. در مرکز این پروفیل چاه آبی به نام چاه تقی وجود دارد، لکه سبز رنگ در موقعیت ۱۰۰ متری اول این پروفیل که تا عمق حدود ۵ متری ادامه دارد (شکل ۹)، معرف میزان ستون آب لب شور در این چاه است. در پروفیل دوم در منطقه چاله سنبک (با گام برداشت ۱۰ و عمق اکتشاف ۲۷ متر) مرزی بین نوع میزان شوری آب‌های زیر زمینی شناسایی نشد.

۴- بحث و نتیجه گیری

تفکیک مرز بین نوع میزان شوری آب‌های زیر زمینی در مناطق کویری بسیار حائز اهمیت می باشد چرا که تأثیر زیادی در مدیریت و بهره برداری از آب در مصارف کشاورزی و خانگی دارد. با استفاده از روش‌های ژئوالکتریک می توان به طور غیر مستقیم و بدون نمونه برداری به شوری لایه های مختلف دست یافت و این امر کمک فراوانی در تصمیم گیری در خصوص کف کنی و یا حفر چاه جدید در منطقه می کند. در دو سایت پیشنهادی در آران و بیدگل، در پروفیل اول در منطقه چاه تقی (با گام برداشت ۵ متر و عمق اکتشاف ۱۶ متر) مرز بین آب لب شور و ابر شور در عمق ۵ متر آشکارسازی شد. با نمونه گیری از آب چاه، شوری آب ۴/۸۲ میلی زیمنس بر سانتی متر (مقاومت ویژه ۲/۰۷۴۶ اهم متر) به دست آمد. بر اساس روابط بین شوری آب با مقدار مقاومت ویژه سازند (قانون آرچی) مقدار تخلخل $\phi = ۰/۲۹$ حاصل گردید. از تخلخل به دست آمده و مقدار مقاومت ویژه ۲ اهم متر در عمق ۱۶ متری در موقعیت مرکز پروفیل، مقدار مقاومت ویژه آب سازند ۰/۳۱ $\rho_w =$ اهم متر و یا رسانندگی ۳۳/۱۳ میلی زیمنس بر سانتی متر می شود که شوری آن از آب شور دریا (آب ابر شور) نیز بیشتر است. بنابراین در کف کنی چاه تقی به بیش از ۵ متر (ستون آب لب شور) به آب ابر شور برخورد می کنیم و هر چه به عمق می رویم بر شوری آن افزوده می شود.

در پروفیل دوم در منطقه چاله سنبک (با گام برداشت ۱۰ و عمق اکتشاف ۲۷ متر) مرز بین جریان آب های زیر زمینی آشکارسازی نشد در شکل ۱۳ مقاومت ویژه مناطق آبی رنگ به طور متوسط حدود ۶ اهم متر است که با توجه به قانون آرچی (با توجه به اطلاعات بدست آمده از پروفیل اول، تخلخل ۰/۲۹ و بکارگیری آن برای پروفیل دوم) مقاومت ویژه آب زیر قشری ۰/۹۵ اهم متر و یا ۱۰/۴۴ میلی زیمنس بر سانتی متر می باشد و در گروه آب خیلی شور قرار می گیرد و این نتیجه حاصل می شود که هر چه از مزارع کاشت هندوانه (ریگ بلند و تپه های شنی) فاصله می گیریم، آب زیر قشری شورتر می شود و در این منطقه در صورت حفر چاه، آب استحصال شده مناسب برای کشاورزی نیست.

منابع و مأخذ:

اسحاقی، ا.، ا. کامکار و ع. عرب امیری. ۱۳۹۱. مدلسازی دو بعدی و سه بعدی داده های توموگرافی الکتریکی به منظور بررسی قنات ها و ساختارهای زیرسطحی کم عمق. نشریه علمی - پژوهشی مهندسی معدن. جلد ۷. شماره ۱۷. ۱۰۷-۱۱۲.

بنی طباطبائی، ع. ۱۳۹۷. زمین شناسی و ذخایر معدنی بیابانی آران و بیدگل. برگرفته از لینک

<http://www.persiadesert.com>

شریفی، ف.، م. رحمانی و ح. داودی. ۱۳۹۶. معرفی و کاربرد روش کمی توموگرافی الکتریکی دوبعدی در آشکارسازی حرکت آب و ارزیابی عملکرد اقدامات آبخیزداری، مطالعه موردی: بخشی از حوزه آبخیز وردیج، شمال غرب تهران. نشریه علمی - پژوهشی مهندسی آبخیز. جلد ۹. شماره ۴. ۴۶۵-۴۷۸.

قلی نژاد، ک. ۱۳۹۶. شناسایی میان لایه های آب شیرین در سفره آب شور به روش مقاومت ویژه الکتریکی. اولین همایش بین المللی پژوهش و پیشرفت در علوم زمین. موسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی

لشکری پور، غ.، م. غفوری و م. خدادادی. ۱۳۸۷. کتشاف رودخانه مدفون با روش ژئوالکتریک و مطالعات زمین شناسی جهت تامین آب منطقه شیرخان بندر در شمال شرق افغانستان. مجموعه مقالات دوازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، اهواز. شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب.

- Atkins ER, Smith GH. 1961. The significance of particle shape in formation resistivity factor-porosity relationships. *Journal of Petroleum Technology*. 13(03): 285-291
- Boleve, A., A. Revil. 2009. Preferential fluid pathways in embankment dams imaged by self-potential tomography. *Near Surface Geophysics*, 447-462.
- Habberjam, G. M. 1972. The effects of anisotropy on square array resistivity measurements. *Geophysical Prospecting*, 20: 249-266.
- Loke, M.H., 1999, Rapid 2-D resistivity and IP inversion using the least squares method, Software manual, <http://www.abem.se>.
- Loke, M. H., 2004, Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys, Geotomo Softwares, Penang, Malaysia.
- Loke, M. H., J.E. Chambers, D.F. Rucker, O. Kuras and P.B. Wilkinson. 2013. Recent developments in direct-current geoelectrical imaging method, *Journal of Applied Geophysics*, 95: 135-156.
- Telford, W. M., L. P. Geldart, R.E. Sheriff. 1990. *Applied geophysics*, 2nd Ed. London, Cambridge university press, 768 pages.
- Zohdy, A.A.R.. 1969. The use of Schlumberger and equatorial in ground-water investigation near E1 Paso, Texas. *Geophysics* 34, 713-728.

Abstract

Separation of the type of salinity of groundwater in desert areas is very important because it has a great impact on the management and utilization of water for agricultural and domestic use. This work presents the design of two dipole-dipole profiles in two areas (Chah Taghi and Chaleh Sanbak) with the least possible time and cost in order to separation of the type of salinity of groundwater. In this regard, two-dimensional modeling was performed based on the data collected using RES2DINV software and the model results were verified using geological studies and wells in the area. According to the obtained results, the boundary between brackish water and hyper saline water and brackish water column in the profile of Chah Taghi area was 5 meters and the porosity was 0.29 using Archie's law. In the second profile in Chaleh Sanbak area, without drilling and using the model results and the amount of porosity obtained from the first profile, the salinity of water was estimated at 10444 microsiemens per centimeter and was placed in the category of very salty water.

Keywords: Dipole-dipole profiles, Brackish and Hyper Saline Groundwater, Taghi well, Sanbak hole, RES2DINV software

Ministry of Agriculture-Jahad

Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)

Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI)

Title: Detection of groundwater salinity boundary at two proposed sites in Aran and Bidgol

Authors: Mehdi Rahmani Jevinani

Editor: Saeed Nabipay Lashkarian

Publisher: Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Circulation: 10 Copies

Date of Publication: 2021

This Scientific work has been registered at the date of 60607 with the registration number 2021-11-16 in the Agriculture Information and Scientific Documents Center. All rights reserved. No Part of this Publication may reproduce or transmit without the original reference.

Ministry of Agriculture-Jahad
Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
(SCWMRI)

Technical Report

Detection of groundwater salinity boundary at two proposed sites in Aran and
Bidgol

Author:
Mehdi Rahmani Jevinani

Series Number: 60607

Winter 2021



Ministry of Agriculture - Jihad
Agriculture Research, Education and Extension Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute



Technical Report

**Detection of groundwater salinity
boundary at two proposed sites in
Aran and Bidgol**

Series Number: 60607
Winter 2021