





دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد ژئوفیزیک - گرایش ژئوالکتریک

مدل سازی و تفسیر سونداژهای مقاومت ویژه الکتریکی و تعیین  
ارتباط نتایج تفسیر با پارامترهای هیدرولوژیکی در منطقه دوغ  
استان گلستان

محقق:

رسول محبی گوراب پسی

استاد راهنما:

دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی

اسفند ۱۳۸۸

## دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : معدن

گروه : ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای رسول محبی گوراب پسی

تحت عنوان: مدل سازی و تفسیر سونداژهای مقاومت ویژه الکتریکی و تعیین ارتباط نتایج تفسیر با پارامترهای

هیدرولوژیکی در منطقه دوغ استان گلستان

در تاریخ ..... توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه .....  
مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :

تقدیم به

خانواده عزیزم

که همواره باعث سربلندی من بوده‌اند.

## تقدیر و تشکر

حال که به یاری خداوند متعال، این پایان نامه به اتمام رسیده است، بر خود لازم می دانم که از زحمات بی دریغ استاد عزیز و ارجمندم جناب آقای دکتر کامکار روحانی که همواره با رویی گشوده اینجانب را از رهنمودهای ارزشمند خویش بهره مند می ساختند، تقدیر و تشکر نمایم.

همچنین از زحمات بی دریغ آقای دکتر مرادزاده و آقای دکتر کرمی که به عنوان اساتید داور در به اتمام رسیدن این پایان نامه نقش به سزایی داشته اند، صمیمانه قدردانی می نمایم.

به علاوه از زحمات آقایان دکتر ایرج پیروز و دکتر فرامرز دولتی به عنوان اساتید ارجمند اینجانب در طول دوره کارشناسی ارشد، کمال تشکر را دارم.

در انتها لازم می دانم از آقایان شاه حسینی، رجبی و سایر پرسنل محترم دانشکده و نیز از کارشناسان محترم شرکت مهندسی مشاور صحراکاو بخصوص آقای مهندس موسوی، تقدیر و تشکر نمایم.

دانشجو تأیید می‌نماید که مطالب مندرج در این پایان‌نامه (رساله) نتیجه تحقیقات خودش می‌باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران، مرجع آن را ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد.

## چکیده:

روش‌های ژئوالکتریکی در منطقه دوغ، واقع در استان گلستان، به منظور تعیین گسترش جانبی و عمقی سازندهای حاوی آب اجرا شده است. پارامترهای هیدرولوژیکی مانند TDS و EC نیز از سه چاه آب موجود در منطقه مطالعاتی به دست آمده‌اند. هدف از این بررسی‌های ژئوالکتریکی، تشخیص آبخوان‌های حاوی آب‌های زیرزمینی و نیز به دست آوردن رابطه‌ای بین پارامترهای ژئوالکتریکی و هیدرولوژیکی در منطقه مطالعاتی می‌باشد. به این منظور، برداشت‌های سونداژ مقاومت ویژه الکتریکی (کلاً تعداد ۷۲ سونداژ) با حداکثر فاصله بین الکترودهای جریان برابر با ۱۰۰۰ متر در طول چندین خط برداشت در مکان‌های مختلف منطقه انجام شده است. در این پایان‌نامه، تعبیر و تفسیر یک‌بعدی و دوبعدی داده‌های سونداژ مقاومت ویژه الکتریکی انجام شده است. تعبیر و تفسیر یک‌بعدی با استفاده از منحنی‌های استاندارد و نرم‌افزارهایی مثل VES و Ipi2win صورت گرفته است. نتایج تفسیر یک‌بعدی نشان می‌دهد که مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی در شمال منطقه مطالعاتی بالاتر است. بر اساس این نتایج، مقاومت ویژه لایه آبدار در منطقه مطالعاتی ۳۰-۴۰ اهم متر تخمین زده شده است (با توجه به پارامترهای هیدرولوژیکی به دست آمده از سه چاه آب موجود در منطقه مطالعاتی مانند TDS و EC که کمتر از ۱۰۰۰ واحد هستند). تعبیر و تفسیر دوبعدی داده‌های سونداژ مقاومت ویژه الکتریکی نیز با استفاده از بسته‌های نرم‌افزاری مختلفی مانند Ipi2win و Res2dinv انجام شده است. باید توجه شود که این دو نرم‌افزار برای به دست آوردن مقاطع عرضی ژئوالکتریکی از منطقه مطالعاتی که تغییرات دوبعدی مقاومت ویژه الکتریکی را نشان می‌دهند، استفاده شده‌اند. نتایج تفسیر دوبعدی نیز مقادیر بالاتر مقاومت ویژه الکتریکی را در شمال منطقه مطالعاتی تأیید می‌کند. برای به دست آوردن رابطه‌ای بین نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ مقاومت ویژه الکتریکی و پارامترهای هیدرولوژیکی به دست آمده از سه چاه آب

موجود در منطقه مطالعاتی، از مقادیر مقاومت ویژه آب موجود در لایه‌های آبدار ( $R_w$ ) مجاور با چاه‌های آب و پارامترهای هیدرولوژیکی به دست آمده از این چاه‌ها (مانند TDS و EC) استفاده می‌شود. برای به دست آوردن مقادیر  $R_w$ ، ابتدا باید فاکتور سازندی ( $F$ ) لایه‌های آبدار مجاور با چاه‌های آب با استفاده از مقادیر تخلخل این لایه‌ها محاسبه شود. به این منظور، از قانون آرچی که رابطه‌ای ساده بین تخلخل ( $\phi$ ) و فاکتور سازندی ( $F$ ) است، استفاده می‌شود. باید توجه شود که تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ مقاومت ویژه الکتریکی، مقادیر مقاومت ویژه لایه‌های آبدار مجاور با چاه‌های آب ( $R_o$ ) را به ما می‌دهد. وقتی مقادیر فاکتور سازندی با استفاده از قانون آرچی محاسبه شد، مقادیر مقاومت ویژه آب موجود در لایه‌های آبدار ( $R_w$ ) با استفاده از فرمولی که رابطه‌ای ساده بین  $R_o$ ،  $F$  و  $R_w$  است، به دست می‌آید. در نهایت، بین نتایج تفسیر یک‌بعدی (به عبارت دیگر مقادیر  $R_w$ ) و پارامترهای هیدرولوژیکی به دست آمده از سه چاه آب (مانند TDS و EC) با استفاده از روش رگرسیون، رابطه‌ای به دست می‌آید.

**کلمات کلیدی:** منطقه دوغ- مقاومت ویژه الکتریکی- تفسیر یک‌بعدی- تفسیر دوبعدی- مقطع عرضی

ژئوالکتریکی- پارامترهای هیدرولوژیکی- فاکتور سازندی- قانون آرچی- چاه‌های آب- رگرسیون.



## مقالات مستخرج از پایان نامه:

۱- محبی گوراب‌پسی ر، کامکار روحانی ا، (۱۳۸۹) "تعیین ارتباط بین نتایج تفسیر سونداژهای مقاومت ویژه الکتریکی و پارامترهای هیدرولوژیکی به دست آمده از چاه‌های آب در منطقه دوغ"، تحت بررسی در چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	فصل اول - کلیات
۲.....	۱-۱- مقدمه
۲.....	۲-۱- روش‌های مقاومت ویژه الکتریکی
۲.....	۱-۲-۱- اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی زمین
۴.....	۲-۲-۱- سونداژزنی مقاومت ویژه
۶.....	۳-۲-۱- ارائه داده‌های سونداژزنی مقاومت ویژه
۷.....	۴-۲-۱- پارامترهای ژئوالکتریکی
۸.....	۵-۲-۱- تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی
۸.....	۱-۵-۲-۱- مقاومت ویژه ظاهری
۹.....	۲-۵-۲-۱- مدل‌سازی
۹.....	۳-۵-۲-۱- یکتایی
۱۰.....	۳-۱- مفاهیم و اصطلاحات هیدرولوژی
۱۰.....	۱-۳-۱- آب‌های زیرزمینی
۱۰.....	۲-۳-۱- اهمیت و مزایای آب‌های زیرزمینی
۱۱.....	۳-۳-۱- تقسیم‌بندی سازندها و رسوبات زمین‌شناسی از نظر ذخیره‌سازی و انتقال آب
۱۱.....	۴-۳-۱- تخلخل کل یا مطلق
۱۲.....	۵-۳-۱- هدایت هیدرولیکی
۱۳.....	۶-۳-۱- ضریب مقاومت سازند تمیز و ارتباط آن با تخلخل
۱۴.....	۴-۱- خواص فیزیکوشیمیایی آب‌های زیرزمینی

۱۴-۴-۱- خواص فیزیکوشیمیایی آب جهت بررسی کیفیت آن.....	۱۴
۱۴-۴-۲- درجه حرارت آب.....	۱۴
۱۵-۴-۳- هدایت الکتریکی آب.....	۱۵
۱۶-۴-۴- تعیین مقدار کل مواد جامد حل شده.....	۱۶
۱۷-۴-۵- منشأ شوری آب‌های زیرزمینی.....	۱۷
۱۷-۵- روش‌های الکتریکی به منظور مطالعه آب‌های زیرزمینی.....	۱۷
۲۰-۶-۱- ضرورت و هدف از مطالعه حاضر.....	۲۰
۲۰-۷-۱- روش تحقیق.....	۲۰
۲۱-۸-۱- ساختار پایان‌نامه.....	۲۱
<b>فصل دوم- عملیات صحرائی.....</b>	<b>۲۲</b>
۲۳-۱-۲- مقدمه.....	۲۳
۲۳-۲-۲- موقعیت جغرافیایی.....	۲۳
۲۴-۳-۲- زمین‌شناسی.....	۲۴
۲۴-۱-۳-۲- آهک‌های دونین.....	۲۴
۲۴-۲-۳-۲- سازندهای ژوراسیک.....	۲۴
۲۵-۱-۲-۳-۲- ژوراسیک میانی.....	۲۵
۲۵-۲-۲-۳-۲- ژوراسیک فوقانی.....	۲۵
۲۵-۳-۳-۲- نهشته‌های دوران چهارم.....	۲۵
۲۵-۱-۳-۳-۲- پادگانه‌های آبرفتی پوشیده از لس ( $Q^1$ ).....	۲۵
۲۶-۲-۳-۳-۲- دشت‌های آبرفتی، پادگانه‌های جوان ( $Q^2$ ).....	۲۶
۲۹-۴-۲- تکتونیک.....	۲۹
۲۹-۵-۲- عملیات صحرائی.....	۲۹

۳۵.....	فصل سوم- تعبیر و تفسیر یک‌بعدی داده‌های صحرائی.....
۳۶.....	۱-۳- مقدمه.....
۳۷.....	۲-۳- تعبیر و تفسیر کیفی سونداژهای الکتریکی.....
۳۷.....	۳-۳- تعبیر و تفسیر کمی سونداژهای الکتریکی.....
۳۹.....	۴-۳- تفسیر سونداژهای الکتریکی برداشت شده در منطقه مخروط افکنه‌ای دوغ.....
۴۰.....	۱-۴-۳- سونداژ الکتریکی A-1.....
۴۱.....	۲-۴-۳- سونداژ الکتریکی A-2.....
۴۲.....	۳-۴-۳- سونداژ الکتریکی A-3.....
۴۲.....	۴-۴-۳- سونداژ الکتریکی A-4.....
۴۳.....	۵-۴-۳- سونداژ الکتریکی A-5.....
۴۴.....	۶-۴-۳- سونداژ الکتریکی B-1.....
۴۴.....	۷-۴-۳- سونداژ الکتریکی B-2.....
۴۵.....	۸-۴-۳- سونداژ الکتریکی B-3.....
۴۶.....	۹-۴-۳- سونداژ الکتریکی B-4.....
۴۷.....	۱۰-۴-۳- سونداژ الکتریکی B-5.....
۴۸.....	۱۱-۴-۳- سونداژ الکتریکی B-6.....
۴۸.....	۱۲-۴-۳- سونداژ الکتریکی B-7.....
۴۹.....	۱۳-۴-۳- سونداژ الکتریکی PRW-BABA.....
۵۰.....	۱۴-۴-۳- سونداژ الکتریکی C-1.....
۵۱.....	۱۵-۴-۳- سونداژ الکتریکی C-2.....
۵۲.....	۱۶-۴-۳- سونداژ الکتریکی C-3.....
۵۲.....	۱۷-۴-۳- سونداژ الکتریکی C-4.....

٥٣.....	C-5 سونداژ الكتريكي
٥٤.....	C-6 سونداژ الكتريكي
٥٥.....	C-7 سونداژ الكتريكي
٥٥.....	SAZ-A سونداژ الكتريكي
٥٦.....	D-1 سونداژ الكتريكي
٥٧.....	D-2 سونداژ الكتريكي
٥٨.....	D-3 سونداژ الكتريكي
٥٨.....	D-4 سونداژ الكتريكي
٥٩.....	D-5 سونداژ الكتريكي
٦٠.....	E-1 سونداژ الكتريكي
٦٠.....	E-2 سونداژ الكتريكي
٦١.....	E-3 سونداژ الكتريكي
٦٢.....	E-4 سونداژ الكتريكي
٦٢.....	E-5 سونداژ الكتريكي
٦٣.....	E-6 سونداژ الكتريكي
٦٤.....	E-7 سونداژ الكتريكي
٦٤.....	SAZ-C سونداژ الكتريكي
٦٥.....	F-1 سونداژ الكتريكي
٦٦.....	F-2 سونداژ الكتريكي
٦٦.....	F-3 سونداژ الكتريكي
٦٧.....	F-4 سونداژ الكتريكي
٦٨.....	F-5 سونداژ الكتريكي

٦٨.....	F-6 سونداژ الكتريكي	٤٠-٤-٣
٦٩.....	F-7 سونداژ الكتريكي	٤١-٤-٣
٧٠.....	G-1 سونداژ الكتريكي	٤٢-٤-٣
٧٠.....	G-2 سونداژ الكتريكي	٤٣-٤-٣
٧١.....	G-3 سونداژ الكتريكي	٤٤-٤-٣
٧٢.....	G-4 سونداژ الكتريكي	٤٥-٤-٣
٧٢.....	G-5 سونداژ الكتريكي	٤٦-٤-٣
٧٣.....	G-6 سونداژ الكتريكي	٤٧-٤-٣
٧٤.....	H-1 سونداژ الكتريكي	٤٨-٤-٣
٧٤.....	H-2 سونداژ الكتريكي	٤٩-٤-٣
٧٥.....	H-3 سونداژ الكتريكي	٥٠-٤-٣
٧٦.....	H-4 سونداژ الكتريكي	٥١-٤-٣
٧٦.....	H-5 سونداژ الكتريكي	٥٢-٤-٣
٧٧.....	H-6 سونداژ الكتريكي	٥٣-٤-٣
٧٨.....	H-7 سونداژ الكتريكي	٥٤-٤-٣
٧٨.....	I-1 سونداژ الكتريكي	٥٥-٤-٣
٧٩.....	I-2 سونداژ الكتريكي	٥٦-٤-٣
٨٠.....	I-3 سونداژ الكتريكي	٥٧-٤-٣
٨١.....	I-4 سونداژ الكتريكي	٥٨-٤-٣
٨١.....	I-5 سونداژ الكتريكي	٥٩-٤-٣
٨٢.....	I-6 سونداژ الكتريكي	٦٠-٤-٣
٨٣.....	I-7 سونداژ الكتريكي	٦١-٤-٣

۸۳	.....I-8 سونداژ الکتریکی
۸۴	.....J-1 سونداژ الکتریکی
۸۵	.....J-2 سونداژ الکتریکی
۸۵	.....J-3 سونداژ الکتریکی
۸۶	.....J-4 سونداژ الکتریکی
۸۷	.....J-5 سونداژ الکتریکی
۸۷	.....J-6 سونداژ الکتریکی
۸۸	.....J-7 سونداژ الکتریکی
۸۹	.....J-8 سونداژ الکتریکی
۸۹	.....J-9 سونداژ الکتریکی
۹۰	.....PRW-BIGDL سونداژ الکتریکی
۹۱	.....۵-۳ نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی
۹۲	.....۶-۳ نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی
۹۴	.....۷-۳ نتیجه‌گیری
۹۵	.....فصل چهارم- تعبیر و تفسیر دوبعدی داده‌های صحرایی
۹۶	.....۱-۴ مقدمه
۹۶	.....۲-۴ نقشه‌های هم‌مقاومت ویژه ظاهری
۱۰۷	.....۳-۴ نتایج حاصل از تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی با استفاده از نرم‌افزار Ipi2win
۱۰۸	.....۱-۳-۴ نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل A
۱۰۹	.....۲-۳-۴ نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل B
۱۱۰	.....۳-۳-۴ نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل C
۱۱۲	.....۴-۳-۴ نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل D

۱۱۳.....	E	نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل
۱۱۴.....	F	نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل
۱۱۶.....	G	نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل
۱۱۷.....	H	نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل
۱۱۸.....	I	نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل
۱۲۰.....	J	نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل
۱۲۱.....	Ipi2win	نتیجه‌گیری از تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی با استفاده از نرم‌افزار
۱۲۱.....	Res2dinv	نتایج حاصل از تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی با استفاده از نرم‌افزار
۱۲۸.....		تفسیر کیفی سه‌بعدی داده‌های صحرائی
<b>فصل پنجم - تعیین ارتباط بین نتایج تفسیر داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی و پارامترهای</b>		
۱۲۹.....		هیدرولوژیکی به دست آمده از چاه‌های آب
۱۳۰.....		مقدمه
۱۳۲.....		روش آماری رگرسیون
<b>۳-۵- تعیین ارتباط بین نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ الکتریکی و پارامترهای هیدرولوژیکی</b>		
۱۳۳.....		به دست آمده از چاه‌های آب موجود در منطقه مطالعاتی
۱۴۰.....		نتیجه‌گیری
<b>فصل ششم - نتیجه‌گیری و پیشنهادات</b>		
۱۴۱.....		نتیجه‌گیری
۱۴۲.....		پیشنهادات
۱۴۳.....		پیشنهادات
۱۴۴.....		ضمائم
<b>ضمیمه شماره ۱- مقادیر مقاومت ویژه به دست آمده از سونداژهای الکتریکی اجرا شده در منطقه مخروط</b>		
۱۴۵.....		افکنه‌ای دوغ (بر حسب اهم متر)
۱۵۶.....		فهرست منابع



## فهرست اشکال

### صفحه

### عنوان

- شکل ۱-۱- چگونگی اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی زمین در روش ژئوالکتریک.....۳
- شکل ۱-۲- خطوط جریان و سطوح هم‌پتانسیل الکتریکی برای آرایش الکترودی متقارن شولمبرژه.....۵
- شکل ۱-۲- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه دوغ به همراه نقاط اجرای سونداژهای الکتریکی قائم بر روی آن.....۲۷
- شکل ۲-۲- نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه دوغ به همراه موقعیت چاه‌های آب بر روی آن.....۲۸
- شکل ۳-۲- شبکه برداشت سونداژهای الکتریکی قائم به همراه نام و نقاط اجرای این سونداژها در مختصات UTM.....۳۳
- شکل ۱-۳- نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه.....۹۲
- شکل ۲-۳- نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه.....۹۳
- شکل ۱-۴- نقشه هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 40\text{ m}$ .....۹۷
- شکل ۲-۴- نقشه هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 50\text{ m}$  و  $MN = 5\text{ m}$ .....۹۸
- شکل ۳-۴- نقشه هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 50\text{ m}$  و  $MN = 20\text{ m}$ .....۹۹
- شکل ۴-۴- نقشه‌های هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 70\text{ m}$  با دو مقدار متفاوت  $MN = 5\text{ m}$  و  $MN = 20\text{ m}$ .....۱۰۰
- شکل ۵-۴- نقشه هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 100\text{ m}$ .....۱۰۱
- شکل ۶-۴- نقشه هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 150\text{ m}$ .....۱۰۲
- شکل ۷-۴- نقشه‌های هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 200\text{ m}$  با دو مقدار متفاوت  $MN = 20\text{ m}$  و  $MN = 80\text{ m}$ .....۱۰۳
- شکل ۸-۴- نقشه‌های هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 300\text{ m}$  با دو مقدار متفاوت  $MN = 20\text{ m}$  و  $MN = 80\text{ m}$ .....۱۰۴
- شکل ۹-۴- نقشه هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 400\text{ m}$ .....۱۰۵

- شکل ۴-۱۰- نقشه هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکتروودی  $AB/2= 500\text{ m}$ ..... ۱۰۶
- شکل ۴-۱۱- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل A..... ۱۰۸
- شکل ۴-۱۲- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل B..... ۱۱۰
- شکل ۴-۱۳- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل C..... ۱۱۱
- شکل ۴-۱۴- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل D..... ۱۱۲
- شکل ۴-۱۵- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل E..... ۱۱۴
- شکل ۴-۱۶- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل F..... ۱۱۵
- شکل ۴-۱۷- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل G..... ۱۱۶
- شکل ۴-۱۸- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل H..... ۱۱۸
- شکل ۴-۱۹- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل I..... ۱۱۹
- شکل ۴-۲۰- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل J..... ۱۲۰
- شکل ۴-۲۱- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل A..... ۱۲۳
- شکل ۴-۲۲- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل B..... ۱۲۳
- شکل ۴-۲۳- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل C..... ۱۲۴
- شکل ۴-۲۴- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل D..... ۱۲۴
- شکل ۴-۲۵- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی

- ۱۲۵.....E معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل
- شکل ۴-۲۶- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی
- ۱۲۵.....F معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل
- شکل ۴-۲۷- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی
- ۱۲۶.....G معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل
- شکل ۴-۲۸- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی
- ۱۲۶.....H معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل
- شکل ۴-۲۹- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی
- ۱۲۷.....I معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل
- شکل ۴-۳۰- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی
- ۱۲۷.....J معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل
- شکل ۴-۳۱- مقطع سه‌بعدی تهیه شده از منطقه مطالعاتی با استفاده از ترکیب نتایج مدل‌سازی
- ۱۲۸..... برداشتی انجام شده بر روی تمام خطوط برداشت
- شکل ۵-۱- موقعیت سونداژهای الکتریکی برداشت شده در منطقه دوغ، موقعیت چاه‌های آب
- موجود در منطقه و نیز موقعیت سونداژهای مجاور این چاه‌ها
- ۱۳۴.....
- شکل ۵-۲- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر  $R_w$  و TDS
- ۱۳۸.....
- شکل ۵-۳- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر  $R_w$  و EC
- ۱۳۹.....

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱- مقادیر عددی تخلخل و هدایت هیدرولیکی برای انواع مختلف خاک‌ها و سنگ‌ها.....	۱۲
جدول ۲-۱- مقادیر عددی مقاومت ویژه، هدایت ویژه و شوری برای انواع مختلف آب‌ها.....	۱۶
جدول ۳-۱- تقسیم‌بندی کلی مواد زمین با توجه به گستره تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی آن‌ها.....	۱۸
جدول ۴-۱- گستره تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی بعضی از رسوبات و سنگ‌های رسوبی.....	۱۹
جدول ۱-۲- مختصات نقاط برداشت سونداژهای الکتریکی قائم (U.T.M).....	۳۰
جدول ۱-۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-1 به کمک روش‌های مختلف.....	۴۱
جدول ۲-۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-2 به کمک روش‌های مختلف.....	۴۱
جدول ۳-۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-3 به کمک روش‌های مختلف.....	۴۲
جدول ۴-۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-4 به کمک روش‌های مختلف.....	۴۳
جدول ۵-۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-5 به کمک روش‌های مختلف.....	۴۳
جدول ۶-۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-1 به کمک روش‌های مختلف.....	۴۴
جدول ۷-۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-2 به کمک روش‌های مختلف.....	۴۵
جدول ۸-۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-3 به کمک روش‌های مختلف.....	۴۶
جدول ۹-۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-4 به کمک روش‌های مختلف.....	۴۶
جدول ۱۰-۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-5 به کمک روش‌های مختلف.....	۴۷
جدول ۱۱-۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-6 به کمک روش‌های مختلف.....	۴۸
جدول ۱۲-۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-7 به کمک روش‌های مختلف.....	۴۹
جدول ۱۳-۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ PRW-BABA به کمک روش‌های مختلف.....	۵۰

- جدول ۳-۱۴- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-1 به کمک روش‌های مختلف..... ۵۱
- جدول ۳-۱۵- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-2 به کمک روش‌های مختلف..... ۵۱
- جدول ۳-۱۶- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-3 به کمک روش‌های مختلف..... ۵۲
- جدول ۳-۱۷- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-4 به کمک روش‌های مختلف..... ۵۳
- جدول ۳-۱۸- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-5 به کمک روش‌های مختلف..... ۵۴
- جدول ۳-۱۹- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-6 به کمک روش‌های مختلف..... ۵۴
- جدول ۳-۲۰- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-7 به کمک روش‌های مختلف..... ۵۵
- جدول ۳-۲۱- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ SAZ-A به کمک روش‌های مختلف..... ۵۶
- جدول ۳-۲۲- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-1 به کمک روش‌های مختلف..... ۵۷
- جدول ۳-۲۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-2 به کمک روش‌های مختلف..... ۵۷
- جدول ۳-۲۴- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-3 به کمک روش‌های مختلف..... ۵۸
- جدول ۳-۲۵- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-4 به کمک روش‌های مختلف..... ۵۹
- جدول ۳-۲۶- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-5 به کمک روش‌های مختلف..... ۵۹
- جدول ۳-۲۷- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-1 به کمک روش‌های مختلف..... ۶۰
- جدول ۳-۲۷- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-2 به کمک روش‌های مختلف..... ۶۱
- جدول ۳-۲۹- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-3 به کمک روش‌های مختلف..... ۶۱
- جدول ۳-۳۰- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-4 به کمک روش‌های مختلف..... ۶۲
- جدول ۳-۳۱- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-5 به کمک روش‌های مختلف..... ۶۳
- جدول ۳-۳۲- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-6 به کمک روش‌های مختلف..... ۶۳
- جدول ۳-۳۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-7 به کمک روش‌های مختلف..... ۶۴

- جدول ۳-۳۴- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ SAZ-C به کمک روش‌های مختلف.....۶۵
- جدول ۳-۳۵- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-1 به کمک روش‌های مختلف.....۶۵
- جدول ۳-۳۶- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-2 به کمک روش‌های مختلف.....۶۶
- جدول ۳-۳۷- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-3 به کمک روش‌های مختلف.....۶۷
- جدول ۳-۳۸- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-4 به کمک روش‌های مختلف.....۶۷
- جدول ۳-۳۹- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-5 به کمک روش‌های مختلف.....۶۸
- جدول ۳-۴۰- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-6 به کمک روش‌های مختلف.....۶۹
- جدول ۳-۴۱- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-7 به کمک روش‌های مختلف.....۶۹
- جدول ۳-۴۲- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-1 به کمک روش‌های مختلف.....۷۰
- جدول ۳-۴۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-2 به کمک روش‌های مختلف.....۷۱
- جدول ۳-۴۴- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-3 به کمک روش‌های مختلف.....۷۱
- جدول ۳-۴۵- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-4 به کمک روش‌های مختلف.....۷۲
- جدول ۳-۴۶- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-5 به کمک روش‌های مختلف.....۷۳
- جدول ۳-۴۷- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-6 به کمک روش‌های مختلف.....۷۳
- جدول ۳-۴۸- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ H-1 به کمک روش‌های مختلف.....۷۴
- جدول ۳-۴۹- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ H-2 به کمک روش‌های مختلف.....۷۵
- جدول ۳-۵۰- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ H-3 به کمک روش‌های مختلف.....۷۵
- جدول ۳-۵۱- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ H-4 به کمک روش‌های مختلف.....۷۶
- جدول ۳-۵۲- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ H-5 به کمک روش‌های مختلف.....۷۷
- جدول ۳-۵۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ H-6 به کمک روش‌های مختلف.....۷۷

- جدول ۳-۵۴- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ H-7 به کمک روش‌های مختلف..... ۷۸
- جدول ۳-۵۵- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ I-1 به کمک روش‌های مختلف..... ۷۹
- جدول ۳-۵۶- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ I-2 به کمک روش‌های مختلف..... ۸۰
- جدول ۳-۵۷- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ I-3 به کمک روش‌های مختلف..... ۸۰
- جدول ۳-۵۸- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ I-4 به کمک روش‌های مختلف..... ۸۱
- جدول ۳-۵۹- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ I-5 به کمک روش‌های مختلف..... ۸۲
- جدول ۳-۶۰- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ I-6 به کمک روش‌های مختلف..... ۸۲
- جدول ۳-۶۱- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ I-7 به کمک روش‌های مختلف..... ۸۳
- جدول ۳-۶۲- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ I-8 به کمک روش‌های مختلف..... ۸۴
- جدول ۳-۶۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-1 به کمک روش‌های مختلف..... ۸۴
- جدول ۳-۶۴- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-2 به کمک روش‌های مختلف..... ۸۵
- جدول ۳-۶۵- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-3 به کمک روش‌های مختلف..... ۸۶
- جدول ۳-۶۶- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-4 به کمک روش‌های مختلف..... ۸۶
- جدول ۳-۶۷- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-5 به کمک روش‌های مختلف..... ۸۷
- جدول ۳-۶۸- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-6 به کمک روش‌های مختلف..... ۸۸
- جدول ۳-۶۹- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-7 به کمک روش‌های مختلف..... ۸۸
- جدول ۳-۷۰- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-8 به کمک روش‌های مختلف..... ۸۹
- جدول ۳-۷۱- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-9 به کمک روش‌های مختلف..... ۹۰
- جدول ۳-۷۲- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ PRW-BIGDL به کمک روش‌های مختلف..... ۹۱
- جدول ۵-۱- نام چاه‌های آب موجود در منطقه و مختصات UTM آن‌ها به همراه مقادیر عددی TDS و EC..... ۱۳۵
- جدول ۵-۲- نام چاه‌های آب موجود در منطقه، نام و مختصات UTM سونداژ مجاور چاه و مشخصات

۱۳۶.....لایه آبدار موجود در زیر هر سونداژ.....

جدول ۳-۵- نام چاه و سونداژ مجاور آن، مقاومت ویژه سازند اشباع از آب و مقاومت ویژه آب داخل سازند

۱۳۷.....برای لایه‌های آبدار موجود در زیر هر سونداژ.....



## فهرست ضمائ

صفحه

عنوان

۱۴۵.....ضمائ

ضمیمه شماره ۱- مقادیر مقاومت ویژه به دست آمده از سونداژهای الکتریکی اجرا شده در منطقه مخروط افکنه‌ای

۱۴۶.....دوغ (بر حسب اهم متر).....

# فصل اول

## کلیات

## ۱-۱- مقدمه

روش‌های مقاومت ویژه سطحی از سال ۱۹۶۰ به صورت روزمره توسط مهندسين و هیدرولوژیست‌ها برای به دست آوردن اطلاعات کمی آبخوان<sup>۱</sup> شامل آبدهی ویژه<sup>۲</sup>، هدایت هیدرولیکی<sup>۳</sup> و ضریب قابلیت انتقال<sup>۴</sup> استفاده شده است. روش‌های ژئوفیزیکی بخصوص روش مقاومت ویژه الکتریکی، می‌توانند با مشخص نمودن میزان توسعه آبخوان و تعیین ساختارهای زمین‌شناسی و به دست آوردن رابطه‌ای اساسی بین پارامترهای ژئوفیزیکی و هیدروژئولوژیکی محیط آبخوان، به منظور افزایش اطمینان در مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی استفاده شوند [۹].

## ۱-۲- روش‌های مقاومت ویژه الکتریکی<sup>۵</sup>

این روش‌ها مقاومت ویژه 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 [۱۰].

### ۱-۲-۱- 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 (الکترودهای A و B) و در حدود

---

<sup>1</sup> Aquifer

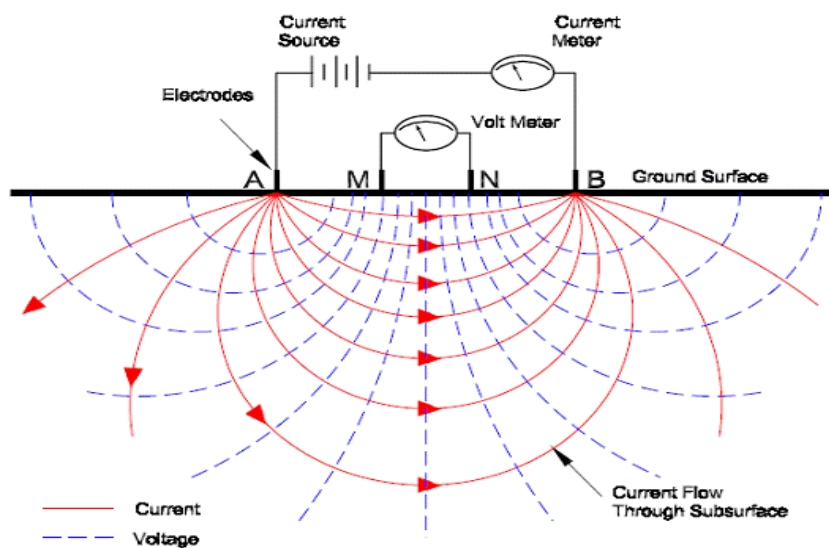
<sup>2</sup> Specific Yield

<sup>3</sup> Hydraulic Conductivity

<sup>4</sup> Transmissivity

<sup>5</sup> Resistivity methods

۳۰ سانتی متر داخل زمین قرار گرفته‌اند، جریان الکتریکی را به داخل زمین تزریق می‌کنند. دو الکترود دیگر که الکترود پتانسیل نامیده می‌شوند (الکترودهای M و N)، برای اندازه‌گیری ولتاژ یا پتانسیل الکتریکی تولید شده در اثر شارش جریان الکتریکی در داخل زمین استفاده می‌شوند [۱۰].



شکل ۱-۱- چگونگی اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی زمین در روش ژئوالکتریک [۱۰].

جریان الکتریکی توسط دو الکترود جریان با فواصل الکترودی مختلف که نسبت به یک نقطه مرکزی تقارن دارند، به زمین فرستاده شده و پتانسیل الکتریکی حاصل توسط دو الکترود پتانسیل اندازه‌گیری می‌شود. برای هر آرایش الکترودی با الکترودهای جریان A و B و الکترودهای پتانسیل M و N، مقاومت ویژه ظاهری<sup>۱</sup> به صورت زیر تعریف می‌شود:

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

<sup>۱</sup> Apparent Resistivity

در این رابطه  $I$  شدت جریان ارسالی (بر حسب آمپر)،  $\Delta V$  اختلاف پتانسیل قرائت شده (بر حسب ولت) و  $\rho_a$  مقدار مقاومت ویژه ظاهری (بر حسب اهم متر) می باشد [۱۱].

در زمین‌های همگن<sup>۱</sup> و همسانگرد<sup>۲</sup>، مقاومت ویژه به دست آمده از این معادله، ثابت و مستقل از فاصله الکتروودی و موقعیت الکترودها در سطح زمین است. در این حالت، مقاومت ویژه به دست آمده، مقاومت ویژه واقعی<sup>۳</sup> یا حقیقی زمین مورد نظر می باشد. در صورت وجود ناهمگنی‌های زیرسطحی، مقدار مقاومت ویژه اندازه‌گیری شده با تغییر موقعیت الکترودها تغییر می کند. در این صورت مقادیر اندازه‌گیری شده، مقاومت ویژه ظاهری هستند [۱۲].

### ۱-۲-۲- سونداژزنی مقاومت ویژه

به منظور آشنایی با روش اندازه‌گیری مورد استفاده در این پایان‌نامه، 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، اندازه‌گیری 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<sup>۴</sup> نامیده می شود، جفت الکترودهای (A , B) و (M , N) هم‌محور و نسبت به مرکز آرایش متقارن می باشند. در این آرایش برای تمام فاصله‌های AB باید داشته باشیم:  $AB \geq 5MN$

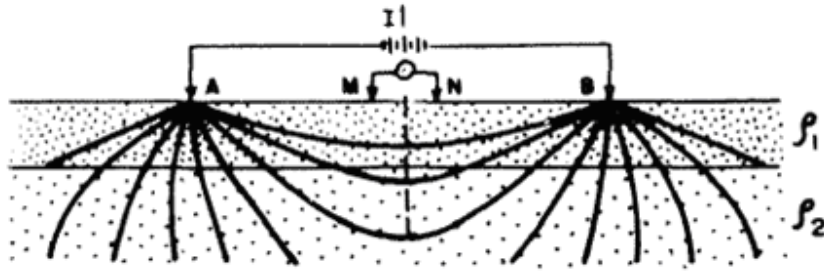
---

<sup>1</sup> Homogeneous

<sup>2</sup> Isotropic

<sup>3</sup> True Resistivity

<sup>4</sup> Schlumberger



شکل ۱-۲- خطوط جریان و سطوح هم‌پتانسیل الکتریکی برای آرایش الکترودی متقارن شولمبرژه [۱۳].

در این آرایش، مقاومت ویژه ظاهری با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\rho_a = \pi \frac{a^2 - b^2}{2b} \frac{\Delta V}{I} \quad (2-1)$$

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 مقاومت ویژه ظاهری برای عمق‌های نفوذ مختلف، می‌توان به لایه‌بندی‌های زیرزمینی و بی‌هنجاری‌های موجود در آنها پی برد و مقاومت ویژه واقعی آنها را به دست آورد. به این ترتیب، از دیدگاه نظری می‌توان لایه‌بندی زیرسطحی را از طریق اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی در سطح زمین به دست آورد. روش فوق را سونداژزنی الکتریکی<sup>۲</sup> می‌نامند. روش ژئوالکتریک به مطالعه لایه‌بندی زیرسطحی بر اساس مقاومت ویژه الکتریکی اندازه‌گیری شده در سطح زمین می‌پردازد [۱۳].

<sup>1</sup> Annomally

<sup>2</sup> Electrical Sounding

این روش که تخمینی از تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی در زیر سطح زمین را توسط اندازه‌گیری‌های سطحی به ما می‌دهد، بر این اساس بنا شده است که بخشی از جریان تزریق شده به داخل زمین، به عمق مشخصی از آن نفوذ می‌کند. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، با افزایش فاصله الکترودی، این عمق افزایش می‌یابد. بنابراین توزیع پتانسیل الکتریکی در سطح زمین، بیشتر تحت تأثیر ناهمگنی<sup>۱</sup>های عمیق موجود در داخل زمین قرار می‌گیرد [۱۱].

### ۱-۲-۳- ارائه داده‌های سونداژزنی مقاومت ویژه

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

متغیر مستقل: فاصله الکترودی،

متغیر وابسته: مقاومت ویژه ظاهری ( $\rho_a$ )،

اطلاعات کمکی: نوع آرایش الکترودی، آزیموت خط برداشت، موقعیت مرکز الکترودی [۱۴].

معمولاً هنگام جابجا کردن الکترودهای فواصل دور، زمان لازم برای محاسبه و رسم مقادیر مقاومت ویژه 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<sup>۲</sup> دولایه‌ای انجام داد. بهترین راه برای انجام تفسیر درست و به دست آوردن نتایج قابل اطمینان، انجام تطبیق جزء به

---

<sup>۱</sup> Inhomogeneity

<sup>۲</sup> Master Curves

جزء<sup>۱</sup> می‌باشد. به این منظور، از منحنی‌های کمکی<sup>۲</sup> 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 [۱۵].

#### ۱-۲-۴- پارامترهای ژئوالکتریک

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 مقاومت ویژه یکسانی داشته باشند و تشکیل یک لایه ژئوالکتریک را بدهند. بنابراین یک لایه ژئوالکتریک توسط دو پارامتر اساسی، یکی مقاومت ویژه ظاهری ( $\rho_a$ ) و دیگری ضخامت ( $h$ ) قابل توصیف می‌باشد [۱].

---

<sup>1</sup> Partial Curve Matching

<sup>2</sup> Auxiliary Curves



## ۱-۲-۵- تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی

### ۱-۲-۵-۱- مقاومت ویژه ظاهری

مقادیر قرائت شده توسط دستگاه‌ها (جریان و ولتاژ) معمولاً به مقادیر مقاومت ویژه ظاهری تبدیل می‌شوند. مقاومت ویژه ظاهری در واقع مقاومت ویژه نیم‌فضا<sup>۱</sup>ی همگنی است که پاسخ دستگاهی مشاهده شده را به ازای فواصل الکتروودی معین، نشان می‌دهد. مقاومت ویژه ظاهری، یک میانگین وزنی از مقاومت ویژه خاک‌ها و سنگ‌های محدوده عمقی تحت بررسی می‌باشد. برای داده‌های سونداژ مقاومت ویژه الکتریکی، یک نمودار که دارای دو محور لگاریتمی شامل مقاومت ویژه ظاهری به ازای فاصله الکتروودی است، ترسیم می‌گردد که اصطلاحاً منحنی سونداژ الکتریکی نامیده می‌شود.

نتیجه نهایی برداشت‌های مقاومت ویژه مستقیم، معمولاً یک مقطع عرضی ژئوالکتریکی<sup>۲</sup> است که مقاومت ویژه 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<sup>۳</sup> اندازه‌گیری‌های مقاومت ویژه الکتریکی استفاده کرد. یک مقطع ژئوالکتریکی دوبعدی ممکن است از ترکیب یک سری سونداژهای الکتریکی یک‌بعدی ایجاد شود و یا اینکه یک مقطع عرضی دوبعدی به هم پیوسته و یکپارچه باشد. نوع مقطع ژئوالکتریکی تولید شده، به نحوه به دست آوردن پارامترها و نوع پردازش صورت گرفته بر روی داده‌ها بستگی دارد [۱۰].

---

<sup>۱</sup> Half Space

<sup>۲</sup> Geoelectric Cross Section

<sup>۳</sup> Level of Confidence

## ۱-۲-۵-۲-مدل سازی<sup>۱</sup>

داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی معمولاً از طریق فرایند مدل‌سازی تعبیر و تفسیر می‌شوند. یک مدل فرضی از زمین به همراه مقادیر مقاومت ویژه آن (مقطع ژئوالکتریکی) ایجاد می‌شود. سپس مقدار تئوری مقاومت ویژه الکتریکی 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 فرضی آن قدر تعدیل می‌شود تا بیشترین برازش<sup>۲</sup> با داده‌های مشاهده شده ایجاد شود و در نهایت این مدل فرضی تعدیل‌یافته، به عنوان مدل مقاومت ویژه نهایی برگزیده می‌شود. هنگامی که این فرایند تکراری به صورت اتوماتیک انجام شود، اصطلاحاً معکوس‌سازی تکراری<sup>۳</sup> یا بهینه‌سازی<sup>۴</sup> نامیده می‌شود [۱۰].

## ۱-۲-۵-۳-یکتایی<sup>۵</sup>

مدل‌های مقاومت ویژه الکتریکی معمولاً یکتا نیستند. تعداد زیادی از مدل‌های زمینی می‌توانند داده‌های مشاهده‌ای یا نمودارهای سونداژ مشابهی را تولید کنند. معمولاً روش‌های مقاومت ویژه الکتریکی، مقاومت عرضی<sup>۶</sup> یا هدایت افقی<sup>۷</sup> لایه یا واحد چینه‌شناسی را مد نظر قرار می‌دهند که هر دو عامل، تابعی از مقاومت ویژه و ضخامت لایه‌ها می‌باشند. بنابراین لایه‌های ضخیم با مقاومت ویژه کم و لایه‌های نازک با

---

<sup>1</sup> Modelling

<sup>2</sup> Fitting

<sup>3</sup> Iterative Inversion

<sup>4</sup> Optimization

<sup>5</sup> Uniqueness

<sup>6</sup> Traverse Resistance

<sup>7</sup> Horizontal Conductance

مقاومت ویژه زیاد، ممکن است پاسخ مشابهی را تولید کنند. این پدیده اصطلاحاً اصل هم‌ارزی<sup>۱</sup> نامیده می‌شود. پس ایجاد قیدهایی بر روی مدل مذکور، می‌تواند تعبیر و تفسیر را ساده‌تر نماید [۱۰].

### ۱-۳- مفاهیم و اصطلاحات هیدرولوژی

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

#### ۱-۳-۱- آب‌های زیرزمینی<sup>۲</sup>

به آب‌هایی اطلاق می‌شود که تمام خلل و فرج سنگ‌ها و رسوبات را اشغال می‌کنند. در واقع همان آبی است که در زون اشباع وجود دارد.

#### ۱-۳-۲- اهمیت و مزایای آب‌های زیرزمینی

الف) مهمترین منبع آب شیرین است.

ب) دما و ترکیب شیمیایی ثابتی دارد.

ج) معمولاً تحت تأثیر آلودگی‌های بیولوژیکی و خشکسالی‌های کوتاه‌مدت قرار نمی‌گیرد.

د) در همه جا وجود دارد. بنابراین، در مناطقی که آب‌های سطحی نداریم، مورد استفاده واقع شده و قابل اطمینان است [۲].

---

<sup>۱</sup> Principle of Equivalence

<sup>۲</sup> Groundwater

### ۱-۳-۳- تقسیم‌بندی سازندها و رسوبات زمین‌شناسی از نظر ذخیره‌سازی و انتقال آب

الف) آبخوان<sup>۱</sup> یا سفره آب زیرزمینی: تشکیلاتی هستند که قابلیت ذخیره‌سازی و انتقال آب آنها خیلی خوب است مانند سنگ آهک و ماسه‌سنگ.

ب) لایه‌های نیمه‌تراوا<sup>۲</sup>: قابلیت ذخیره آب را دارند ولی مقدار انتقال آب آنها در مقایسه با آبخوان‌ها کمتر است مانند ماسه‌های رسی که می‌توانند به عنوان یک منبع ذخیره آب در بالای آبخوان باشند.

ج) لایه‌های ناتراوا<sup>۳</sup>: تشکیلاتی که گرچه حاوی مقداری آب هستند اما آبدهی بسیار ناچیزی دارند مثل رس که به عنوان سنگ کف در بسیاری از حوضه‌های رسوبی به حساب می‌آید.

د) بسته‌سازند<sup>۴</sup> یا مناطق بی‌آب: نه حاوی آب هستند و نه قابلیت انتقال آب را دارند مانند توده سنگ آذرین هوازده نشده [۳].

### ۱-۳-۴- تخلخل کل یا مطلق<sup>۵</sup>

نسبت حجم کلیه فضاهاى خالی موجود در سنگ را به حجم کل آن، تخلخل کل یا مطلق می‌نامند که معمولاً به صورت درصد بیان می‌شود:

$$\varphi = \frac{V_v}{V_t} \times 100 \quad (۳-۱)$$

---

<sup>۱</sup> Aquifer

<sup>۲</sup> Aquitard

<sup>۳</sup> Aquiculd

<sup>۴</sup> Aquifuge

<sup>۵</sup> Total Porosity

در این رابطه  $V_v$  حجم فضاهای خالی موجود در سنگ،  $V_t$  حجم کل سنگ و  $\phi$  تخلخل کل یا مطلق (بر حسب درصد) می‌باشد [۱۶].

### ۱-۳-۵- هدایت هیدرولیکی

هدایت هیدرولیکی (K) عبارت است از حجم آبی که در واحد زمان از سطح مقطع واحد عمود بر جریان تحت شیب هیدرولیکی واحد عبور می‌کند. این کمیت بر حسب متر بر روز یا سانتی‌متر بر ثانیه بیان می‌شود [۱۷].

مقادیر عددی تخلخل و هدایت هیدرولیکی برای انواع مختلف خاک‌ها و سنگ‌ها در جدول ۱-۱ آورده شده است.

جدول ۱-۱- مقادیر عددی تخلخل و هدایت هیدرولیکی برای انواع مختلف خاک‌ها و سنگ‌ها [۱۷].

لیتولوژی	تخلخل (درصد)	هدایت هیدرولیکی (سانتی‌متر بر ثانیه)
گراول	۲۵-۴۰	$10^{-2} - 10^2$
ماسه	۲۵-۵۰	$10^{-4} - 1$
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	$10^{-5} - 1$
سنگ آهک کارستی	۵-۵۰	$10^{-4} - 10^0$
ماسه‌سنگ	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	$10^{-12} - 10^{-8}$

### ۱-۳-۶- ضریب مقاومت سازند تمیز<sup>۱</sup> 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<sup>۲</sup> یا فاکتور سازندی<sup>۳</sup> توسط رابطه زیر بیان می‌شود:

$$F = \frac{R_o}{R_w} \quad (۴-۱)$$

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 می‌باشد. ارتباط ضریب مقاومت ویژه سازند با تخلخل، به وسیله رابطه‌ای تجربی که اولین بار توسط آرچی<sup>۴</sup> بیان گردید، تعریف می‌شود:

$$F = \frac{a}{\phi^m} \quad (۵-۱)$$

در این رابطه  $a$  ضریب ثابتی است که تابعی از جنس سنگ و پیچاپیچی مسیر حرکت سیال می‌باشد و  $m$  ضریب سیمان‌شدگی<sup>۵</sup> است. در این معادله، مقدار کمیت  $a$  در محدوده ۰/۶۲-۲/۴۵ و مقدار کمیت  $m$  در محدوده ۱/۰۸-۲/۱۵ تغییر می‌کند [۴].

---

<sup>۱</sup> Clean Formation

<sup>۲</sup> Formation Resistivity Factor (F.R.F)

<sup>۳</sup> Formation Factor

<sup>۴</sup> Archie

<sup>۵</sup> Cementation Factor

## ۴-۱- خواص فیزیکوشیمیایی آب‌های زیرزمینی

آب یکی از مهم‌ترین موادی است که به صورت فراوان در طبیعت یافت می‌شود. در بین مایعات از نظر فراوانی از حلال‌های جهانی محسوب می‌شود و بیشترین کشش سطحی، گرمای نهان تبخیر و به استثنای آمونیوم بیشترین قدرت پخش حرارت را دارد. بر خلاف دیگر مواد، آب وقتی منبسط می‌شود یا در فشار و حرارت پایین منجمد می‌گردد، این خواص آب در ارتباط با ساختمان مولکولی آن می‌باشد [۲].

### ۱-۴-۱- خواص فیزیکوشیمیایی آب جهت بررسی کیفیت آن

این پارامترها بیشتر در محل چاه اندازه‌گیری می‌شوند. اندازه‌گیری‌های صورت گرفته در محل چاه به خاطر ارزیابی سریع و برای کنترل اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی به کار می‌روند. از طرفی شرایط فیزیکی نمونه ممکن است طی زمان حمل تا آزمایشگاه تغییر کرده باشد. تغییراتی که بیشتر اتفاق می‌افتد عبارت است از تغییرات شیمیایی کربنات‌ها که موجب رسوب مینرال‌های کربناته می‌گردد [۲].

### ۱-۴-۲- درجه حرارت آب

اندازه‌گیری درجه حرارت در محل 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 مقاومت ویژه آن خبر بدهد [۲].

### ۱-۴-۳- هدایت الکتریکی<sup>۱</sup> آب

مواد تجزیه شده به صورت یونی در آب قادرند در اثر پتانسیل الکتریکی حرکت کنند. لذا با وارد کردن جریان الکتریکی به محلول، می توان مقدار هدایت الکتریکی آن را اندازه گیری نمود. توانایی محلول برای هدایت جریان، تابعی است از غلظت یون ها در محلول و مقدار حرکت در آن تحت تأثیر پتانسیل به کار برده شده. هدایت الکتریکی دارای واحد زیمنس بر متر (S/m) و یا میکروموس (= میکروزیمنس) بر سانتی متر می باشد. هدایت الکتریکی ساده ترین و اقتصادی ترین پارامتر شیمیایی آب جهت اندازه گیری است.

مقدار هدایت الکتریکی متأثر از درجه حرارت مایع می باشد و مقدار آن با افزایش درجه حرارت افزایش می یابد و لازم است که هدایت الکتریکی، به همراه درجه حرارت اندازه گیری شده بیان شود. وقتی مقدار غلظت یون ها نسبت به واحد حجم محلول افزایش می یابد، رابطه بین غلظت یونی و هدایت الکتریکی برای محلول رقیق به صورت خطی است.

علاوه بر این، آب های طبیعی انواع مختلفی از یون های باردار و ترکیبات غیر باردار را شامل می شود و لذا تعیین هدایت الکتریکی می تواند یک تخمین کاملاً دقیق از غلظت یونی و یا کل مواد حل شده باشد، ولی در کل می توان گفت که هدایت الکتریکی متناسب با کل مواد جامد حل شده یا T.D.S.<sup>۲</sup> می باشد و داریم:

$$T.D.S. = K_e \times EC \quad (۶-۱)$$

<sup>۱</sup> Electrical Conductivity (EC)

<sup>۲</sup> Total Dissolved Solid (TDS)



در این رابطه T.D.S. بر حسب میلی‌گرم بر لیتر، EC بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر در ۲۵ درجه سانتی‌گراد و  $K_e$  فاکتور تبدیل و معمولاً بین ۰/۵۵ تا ۰/۸ می‌باشد که باید برای هر منطقه عملیاتی مشخص گردد [۲].

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

مقدار T.D.S. در آب‌های زیرزمینی با وزن کردن مقدار مواد جامد باقی‌مانده از تبخیر حجم معینی نمونه که از صافی عبور داده شده است، به دست می‌آید. مقدار مواد جامد باقی‌مانده از تبخیر حجم معینی نمونه معمولاً از مقدار زیادی مواد کانی<sup>۱</sup> و مقدار کمی مواد آلی<sup>۲</sup> تشکیل شده است. ساده‌ترین روش برای تقسیم‌بندی آب از نظر کیفی بر اساس مقدار T.D.S. انجام می‌گیرد. برای مثال اگر کل مواد جامد محلول آبی بیش از ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد، این آب برای خوردن مناسب نیست [۲].

در جدول ۱-۲ مقادیر عددی مقاومت ویژه، هدایت ویژه و شوری برای انواع مختلف آب‌ها آورده شده است.

جدول ۱-۲- مقادیر عددی مقاومت ویژه، هدایت ویژه و شوری برای انواع مختلف آب‌ها [۱۸].

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

<sup>۱</sup> Mineral

<sup>۲</sup> Organic

#### ۱-۴-۵- منشأ شوری آب‌های زیرزمینی

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

الف) شوری حاصل از انحلال سفره

ب) آب‌های برگشتی کشاورزی

ج) فعالیت‌های انسانی و توسعه شهری

د) شوری در ارتباط با ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی [۵].

#### ۱-۵- روش‌های الکتریکی به منظور مطالعه آب‌های زیرزمینی

آب‌های زیرزمینی به خاطر نمک‌ها و یون‌های محلولی که دارند، از نظر یونی هادی می‌باشند و جریان الکتریکی را قادر می‌سازند که در داخل زمین شارش یابد. در نتیجه اندازه‌گیری مقاومت ویژه 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، مقاومت ویژه خیلی بالایی دارد: چندین ده‌هزار اهم متر.

ب) سنگ متخلخل یا شکسته شده حاوی آب آزاد، دارای مقاومت ویژه‌ای است که مقدار آن به مقدار مقاومت ویژه آب محتوی و تخلخل سنگ بستگی دارد: چندین ده تا چندین هزار اهم متر.

ج) لایه رسی نفوذ ناپذیر: اگر حاوی آب محبوس باشد، مقاومت ویژه پایینی دارد: از چند اهم متر تا چندین ده اهم متر.

د) کانسارهایی مثل آهن، سولفیدها و غیره: به علت هدایت الکترونیکی بالا، مقادیر مقاومت ویژه پایینی دارند: معمولاً کمتر یا خیلی کمتر از یک اهم متر [۱۸].

در جدول ۱-۳ گستره تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی بعضی از مواد زمین آورده شده است.

جدول ۱-۳- تقسیم‌بندی کلی مواد زمین با توجه به گستره تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی آن‌ها [۱۴].

نوع مواد	تقسیم بندی	گستره تغییرات مقاومت ویژه
مواد زمین	مواد با مقاومت ویژه پایین	کمتر از ۱۰۰ اهم متر
	مواد با مقاومت ویژه متوسط	۱۰۰ تا ۱۰۰۰ اهم متر
	مواد با مقاومت ویژه بالا	بیشتر از ۱۰۰۰ اهم متر
مناطق زمین	مناطق مرطوب	۵۰ الی ۲۰۰ اهم متر
	مناطق خشک	۱۰۰ الی ۵۰۰ اهم متر
	مناطق بیابانی	۲۰۰ الی ۱۰۰۰ اهم متر
انواع آب‌ها	آب موجود در خاک	۱ الی ۱۰۰ اهم متر
	آب باران	۳۰ الی ۱۰۰۰ اهم متر
	آب دریا	حدود ۰/۲ اهم متر
کانسنگ‌ها	سولفیدهای توده‌ای	۱ الی ۱۰ <sup>-۴</sup>
	غیر فلزی‌ها	حدود ۱۰ <sup>۱۰</sup>

روش‌های مقاومت ویژه مستقیم را می‌توان هم در روش پروفیل‌زنی برای به نقشه درآوردن تغییرات جانبی و تشخیص رخساره<sup>۱</sup>های قائم یا زون‌های شکسته شده و هم در روش سونداژزنی (مثلاً سونداژزنی شولمبرژه) برای تشخیص عمق افق‌های ژئوالکتریکی (مثلاً عمق آب‌های شور زیرزمینی) به کار برد [۱۹].

<sup>۱</sup> Facies

در جدول ۱-۴ گستره تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی بعضی از رسوبات و سنگ‌های رسوبی آورده

شده است.

جدول ۱-۴- گستره تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی بعضی از رسوبات و سنگ‌های رسوبی [۱۴].

نوع سنگ یا مواد	گستره تغییرات مقاومت ویژه (اهم متر)
شیل‌های مستحکم	$20 - 2 \times 10^3$
آرژیلیت‌ها	$10 - 8 \times 10^2$
کنگلومرها	$2 \times 10^3 - 10^4$
ماسه‌سنگ‌ها	$1 - 6/4 \times 10^8$
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

مقاومت ویژه الکتریکی خاک‌ها و سنگ‌ها با دیگر ویژگی‌های آن‌ها که مورد توجه زمین‌شناسان، هیدروژئولوژیست‌ها و مهندسين ژئوتکنیک می‌باشند، مرتبط است. پارامترهای زمین‌شناسی دیگری که بر روی مقاومت ویژه الکتریکی و معکوس آن که همان هدایت الکتریکی است، تأثیر می‌گذارند عبارتند از:

الف) محتویات رسی<sup>۱</sup>

ب) هدایت ویژه آب‌های زیرزمینی

ج) تخلخل خاک یا مجموعه سازند

د) درجه اشباع آب [۱۴].

<sup>۱</sup> Clay Content

## ۱-۶- ضرورت و هدف از مطالعه حاضر

همان‌طور که می‌دانیم، اطلاع از پارامترهای هیدرولوژیکی آبخوان، ما را در تعیین کیفیت آب آن یاری می‌دهد. 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 مقاومت ویژه الکتریکی در مجاورت چاه‌های آب و تعیین ارتباط بین نتایج تفسیر این داده‌ها با پارامترهای هیدرولوژیکی به دست آمده از این چاه‌ها و تعمیم این رابطه در کل منطقه، مقادیر تقریبی این پارامترها در نقاط فاقد چاه از منطقه به دست آید.

در این پایان‌نامه سعی بر آن است که با تفسیر داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی به دست 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 به دست آمده از چاه‌های مذکور برقرار نماییم. امید است روابط به دست آمده، تخمین درست و قابل قبولی را از ارتباط داده‌های فوق‌الذکر فراهم نماید و در منطقه اجرای سونداژهای الکتریکی مورد استفاده قرار گیرد.

## ۱-۷- روش تحقیق

برای ایجاد ارتباط بین نتایج تفسیر داده‌های مقاومت ویژه به دست آمده از سونداژهای الکتریکی و پارامترهای هیدرولوژیکی به دست آمده از چاه‌های آب، دو هدف عمده را دنبال می‌کنیم. اولین هدف، تفسیر داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی صحرائی و به دست آوردن عمق، ضخامت و مقاومت ویژه حقیقی لایه‌های موجود در زیر هر سونداژ و تعیین عمق تقریبی آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه است. هدف دوم، ایجاد ارتباط بین نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی و پارامترهای

هیدرولوژیکی به دست آمده از چاه‌های آب موجود در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. 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 از منطقه مورد نظر، پارامترهای هیدرولوژیکی این لایه‌ها را به طور تقریبی تخمین زد. به این ترتیب، از صرف هزینه‌های هنگفت حفر چاه به منظور مشخص نمودن پارامترهای هیدرولوژیکی در نقاط فاقد چاه موجود در منطقه مطالعاتی، جلوگیری به عمل می‌آید. لازم به ذکر است که هر چه تعداد چاه‌های مشاهده‌ای در منطقه بیشتر باشد، تخمین به دست آمده از این طریق، به واقعیت نزدیک‌تر است.

#### ۸-۱- ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه مشتمل بر شش فصل می‌باشد. در فصل دوم، تحت عنوان عملیات صحرائی، مشخصات عمومی منطقه مورد مطالعه و نحوه اجرای سونداژهای الکتریکی قائم تشریح شده است. در فصل سوم، تحت عنوان تعبیر و تفسیر یک‌بعدی داده‌های صحرائی، نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ الکتریکی با استفاده از منحنی‌های استاندارد (تفسیر دستی) و نرم‌افزارهای VES و Ipi2win آورده شده است. در فصل چهارم، تحت عنوان تفسیر کیفی دوبعدی و سه‌بعدی داده‌های صحرائی، تصویر عمومی از تغییرات مقاومت ویژه 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 به دست آمده از این چاه‌ها (با استفاده از روش رگرسیون) پرداخته شده است. در فصل ششم، به بیان نتیجه‌گیری‌های صورت گرفته و ارائه پیشنهاداتی به منظور مطالعات دقیق‌تر و گسترده‌تر در منطقه پرداخته شده است.

فصل دوم:

عملیات صحرائی

## ۲-۱- مقدمه

بر اساس قرارداد شماره ۱۵۱۶۱ / ۴۲۰ مورخ ۷۵/۶/۲۲ بین سازمان آب منطقه‌ای گلستان و شرکت مهندسی مشاور صحراکاو، مطالعات ژئوفیزیکی به روش الکتریک در منطقه مخروط افکنه‌ای رودخانه دوغ به مرحله اجرا درآمد [۶].

به منظور تعیین گستره تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌های آبرفتی و سنگ کف در منطقه رودخانه دوغ و تفکیک لایه‌های زیرزمینی بر اساس مقاومت ویژه الکتریکی آن‌ها، تعداد ۷۲ سونداژ الکتریکی با حداکثر طول فرستنده جریان  $AB=1000$  m بر روی ۱۰ خط برداشت به نام‌های A تا J اجرا شده‌اند. سه عدد از این سونداژها در مجاورت سه چاه موجود در منطقه (چاه‌های کلالة، باینال و امام جعفر صادق)، دو عدد از آن‌ها در مجاورت دو چشمه موجود در منطقه (چشمه‌های باباجعفر و بیگدل) و دو عدد دیگر در مجاورت دو سازند موجود در منطقه (SAZ-A و SAZ-C) اجرا شده‌اند. روند کلیه خطوط برداشت ذکر شده، شمالی- جنوبی می‌باشد [۶].

پس از هماهنگی با سازمان فوق‌الذکر، اطلاعات و داده‌های لازم از شرکت مهندسی مشاور صحراکاو دریافت و مطالعه و بررسی آن‌ها آغاز شد.

## ۲-۲- موقعیت جغرافیایی

منطقه دوغ در حدود ۱۵ کیلومتری شمال شرقی مینودشت و در شمال جاده مینودشت به بجنورد قرار دارد. مختصات جغرافیایی این منطقه بین ۵۵ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۵ دقیقه ( $۲۷^{\circ} ۵۵'$  تا



۳۵°۵۵' طول جغرافیایی و ۳۷ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۳ دقیقه (۳۷°۱۸' تا ۳۷°۲۳') عرض جغرافیایی می‌باشد [۶].

## ۲-۳- زمین‌شناسی

بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ چهارگوش کوه کورخود که در شکل ۲-۱ نشان داده شده است، منطقه مورد مطالعه در دو زون زمین‌شناسی البرز (در جنوب) و کپه‌داغ (در شمال) واقع شده است. قسمت اعظم سازندهای زمین‌شناسی منطقه به وسیله لس<sup>۱</sup>ها پوشیده شده است. رخنمون‌های اصلی قابل مشاهده در منطقه به شرح زیر می‌باشند:

### ۲-۳-۱- آهک‌های دونین

آهک‌ها و شیل‌های خوش‌یلاق (Dkh) مربوط به پالئوزوئیک بالایی، به صورت رخنمونی منفرد، در جنوب منطقه حضور دارند. این سازند به وسیله گسله‌هایی از سازندهای ژوراسیک اطراف خود جدا شده است و شیبی حدود ۱۰ درجه به سوی شمال را نشان می‌دهد.

### ۲-۳-۲- سازندهای ژوراسیک

رخنمون‌های ژوراسیک، بخش وسیعی از منطقه را پوشانده و اغلب ارتفاعات را تشکیل می‌دهند. از سه بخش زیرین، میانی و فوقانی این سازند، دو بخش میانی و فوقانی آن در منطقه رخنمون دارند.

---

<sup>۱</sup> loess

## ۲-۳-۱- ژوراسیک میانی

این بخش به صورت سنگ آهک و مارن چمن‌بید (Jcb) در ارتفاعات شمال منطقه که در زون کپه‌داغ واقع می‌شود، رخنمون دارد.

## ۲-۳-۲- ژوراسیک فوقانی

این بخش از سازند ژوراسیک، هم در شمال منطقه (زون کپه‌داغ) و هم در جنوب منطقه (زون البرز) رخنمون دارد. در شمال منطقه (زون کپه‌داغ) آهک‌های سازند مزدوران (Jmz) و در جنوب منطقه (زون البرز) آهک‌های دولومیتی سازند لار (Jl)، رخنمون‌های مربوط به ژوراسیک فوقانی را تشکیل می‌دهند.

## ۲-۳-۳- نهشته‌های دوران چهارم

نهشته‌های آبرفتی منطقه به دو قسمت پادگانه‌های آبرفتی پوشیده از لس و آبرفت‌های جوان تقسیم شده‌اند.

## ۲-۳-۱- پادگانه‌های آبرفتی پوشیده از لس (Q<sup>1</sup>)

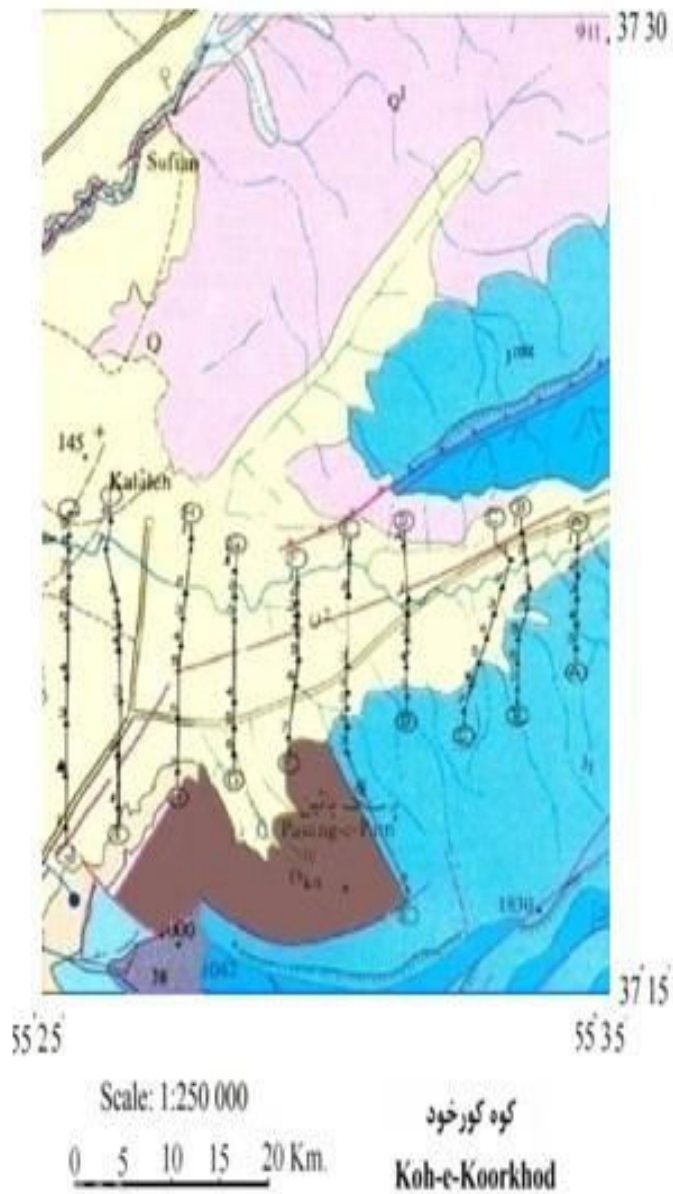
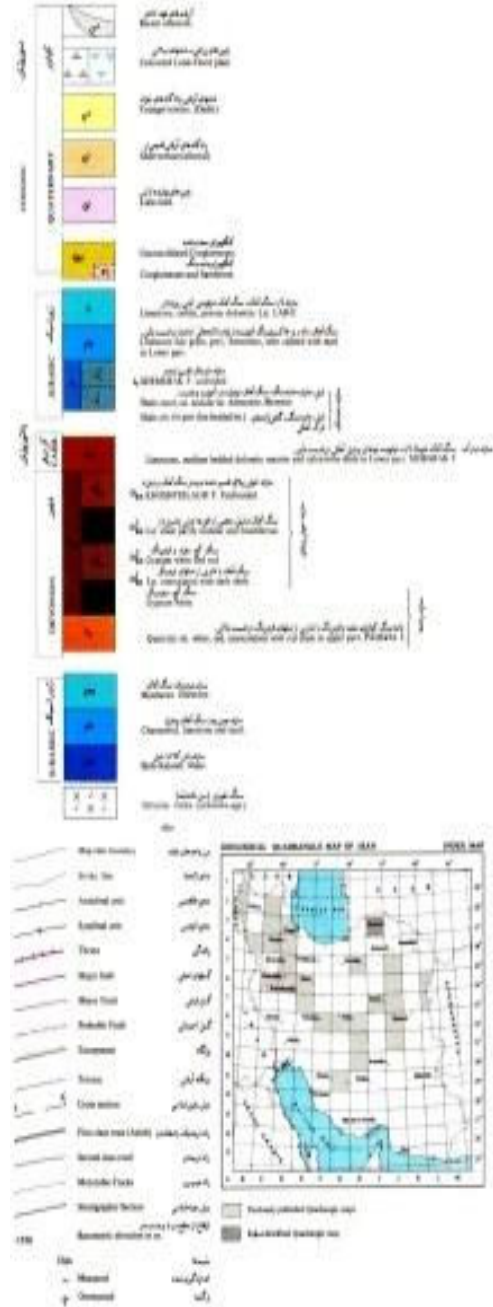
این آبرفت‌ها در ارتفاعات شمالی منطقه ظاهر شده و توسط لس‌ها پوشیده شده‌اند.

## ۲-۳-۳-۲- دشت‌های آبرفتی، پادگانه‌های جوان (Q<sup>2</sup>)

این آبرفت‌ها دربرگیرنده دشت‌های آبرفتی و پادگانه‌های آبرفتی جوان می‌باشند و سطح حوزه آبریز رودخانه دوغ را می‌پوشانند.

نقشه توپوگرافی منطقه در شکل ۲-۲ نشان داده شده است. روند کلی پستی و بلندی‌ها در منطقه، شمال شرقی- جنوب غربی می‌باشد. در قسمت‌های شرق و شمال شرق این منطقه، وجود کوه‌های مرتفع جالب توجه است. با حرکت به سمت غرب و جنوب غرب منطقه، از شدت این ارتفاعات کاسته می‌شود و دره‌ها و نقاط کم‌ارتفاع، آشکار می‌گردند [ ۶].

**LEGEND**



شکل ۱-۲- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه دوغ به همراه نقاط اجرای سونداژهای الکتریکی قائم بر روی آن [۲۰].



## ۲-۴- تکتونیک

گسله‌ها نقش عمده‌ای در شکل بخشیدن به وضع موجود در منطقه داشته‌اند. امتداد اکثر گسله‌های منطقه، از امتداد عمومی سازندهای زمین‌شناسی منطقه که شمال شرقی- جنوب غربی است، پیروی می‌کند. این روند، همخوان با روند کلی پستی و بلندی‌های منطقه (توپوگرافی) می‌باشد. از جمله این گسله‌ها، روراندگی شمال منطقه است که بخش فوقانی ژوراسیک (سازندهای مزدوران) را کنار بخش میانی آن (سازند چمن‌بید) قرار داده است.

گسله‌ای دیگر، کم و بیش در امتداد جاده مینودشت به بنجورد قرار دارد که ظاهراً مرز جدایی دو زون کپه‌داغ و البرز را تشکیل می‌دهد. علاوه بر این گسله‌ها، گسله‌هایی عرضی نیز بخصوص در مرز سازند خوش‌بیلاق و آهک‌های ژوراسیک مشخص شده‌اند [۶].

## ۲-۵- عملیات صحرائی

پس از انجام مطالعات اولیه و بازدید مقدماتی از منطقه مطالعاتی توسط مهندسین مشاور صحراکاو، نقاط اجرای سونداژهای الکتریکی با فواصل معلوم، بر روی خطوط برداشتی که در جهت شمالی- جنوبی و تقریباً عمود بر مسیر جریان رودخانه دوغ 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 توپوگرافی، واقع شدن بعضی از نقاط بر روی زمین‌های باتلاقی و بیش از حد مرطوب و...)، فاصله سونداژها به بیشتر یا کمتر از این مقدار نیز تغییر کرده است. مختصات U.T.M نقاط اجرای این سونداژها در جدول ۲-۱ آورده شده است [۶].

جدول ۱-۲- مختصات نقاط برداشت سونداژهای الکتریکی قائم (U.T.M) [۶].

Coordinates Sounding No.	X	Y	Z(m)
A-1	۳۷۳۱۵۴	۴۱۳۶۵۸۳	۲۱۸
A-2	۳۷۳۱۵۴	۴۱۳۶۰۸۳	۲۱۸
A-3	۳۷۳۱۵۴	۴۱۳۵۵۸۳	۲۲۱
A-4	۳۷۳۱۴۲	۴۱۳۵۰۸۳	۲۲۴
A-5	۳۷۳۱۴۲	۴۱۳۴۵۸۳	۲۲۴
B-1	۳۷۲۲۰۷	۴۱۳۶۷۹۱	۲۳۰
B-2	۳۷۲۲۹۳	۴۱۳۶۲۹۱	۲۱۸
B-3	۳۷۲۳۴۷	۴۱۳۵۷۹۱	۲۰۵
B-4	۳۷۲۲۹۸	۴۱۳۵۲۹۱	۲۱۰
B-5	۳۷۲۱۶۷	۴۱۳۴۷۹۱	۲۱۷
B-6	۳۷۲۱۵۸	۴۱۳۴۲۹۱	۲۲۰
B-7	۳۷۲۱۴۹	۴۱۳۳۷۹۱	۲۲۰
PRW-BABA	۳۷۱۷۵۴	۴۱۳۶۶۲۳	۲۴۰
C-1	۳۷۲۰۲۹	۴۱۳۶۱۲۳	۲۱۰
C-2	۳۷۱۸۸۲	۴۱۳۵۶۲۳	۱۹۸
C-3	۳۷۱۷۵۳	۴۱۳۵۱۲۳	۲۰۲
C-4	۳۷۱۶۲۴	۴۱۳۴۶۲۳	۲۱۰
C-5	۳۷۱۴۹۴	۴۱۳۴۱۲۳	۲۱۲
C-6	۳۷۱۳۷۳	۴۱۳۳۶۲۳	۲۱۷
C-7	۳۷۱۲۴۳	۴۱۳۳۱۲۳	۲۲۵
SAZ-A	۳۷۰۱۸۴	۴۱۳۵۹۵۵	۲۶۰
D-1	۳۷۰۲۷۱	۴۱۳۴۹۵۵	۲۰۰
D-2	۳۷۰۲۷۱	۴۱۳۴۴۵۵	۱۸۰
D-3	۳۷۰۲۷۱	۴۱۳۳۹۵۵	۱۸۰
D-4	۳۷۰۲۵۲	۴۱۳۳۴۵۵	۲۰۰
D-5	۳۷۰۲۷۷	۴۱۳۲۹۵۵	۲۰۲

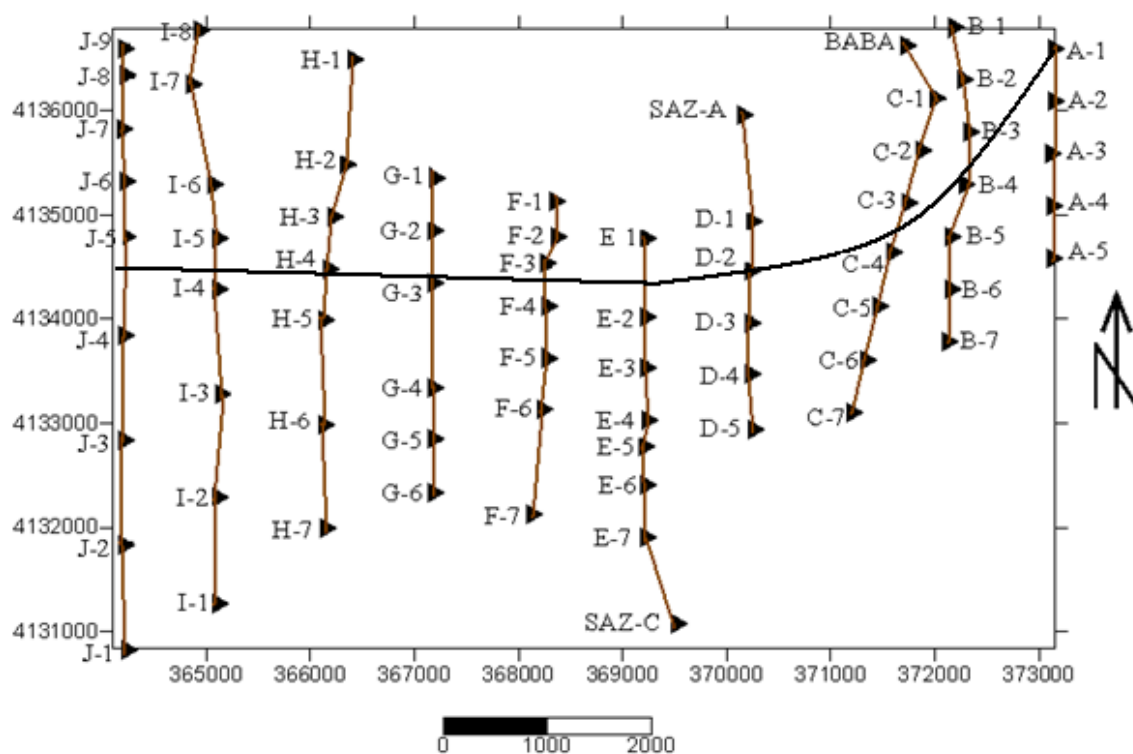


Coordinates Sounding No.	X	Y	Z(m)
E-1	369247	4134774	18.0
E-2	369247	4134.24	18.0
E-3	369247	413524	18.0
E-4	369247	4133.24	2.4
E-5	369247	4132774	2.8
E-6	369247	413224	21.0
E-7	369247	4131924	213
SAZ-C	369537	4131.74	222
F-1	368381	4135127	2.0
F-2	368387	4134777	19.0
F-3	368291	4134527	18.0
F-4	368298	4134127	18.0
F-5	3683.7	4133627	18.0
F-6	368255	4133127	18.0
F-7	36815.0	4133127	2.8
G-1	367211	413535.0	2.0
G-2	367211	413485.0	18.0
G-3	367211	413435.0	185
G-4	367211	413335.0	19.0
G-5	367211	413285.0	2.0
G-6	367211	413235.0	2.5
H-1	36644.0	4136498	2.0
H-2	366368	4135498	19.0
H-3	366233	4134998	18.0
H-4	366195	4134498	18.0
H-5	36616.0	4133998	18.0



Coordinates Sounding No.	X	Y	Z(m)
H-6	366160	4132998	180
H-7	366160	4131998	200
I-1	365136	4131281	200
I-2	365136	4132281	190
I-3	365179	4133281	180
I-4	365135	4134281	180
I-5	365135	4134781	180
I-6	365092	4135281	180
I-7	364877	4136281	190
I-8	364955	4136781	200
J-1	364230	4130836	200
J-2	364230	4131836	190
J-3	364230	4132836	180
J-4	364230	4133836	180
J-5	364230	4134836	180
J-6	364230	4135836	180
J-7	364230	4136836	180
J-8	364230	4137836	190
J-9	364230	4138836	200
PRW-BIGDL	369734	4134196	.

در شکل ۳-۲ شبکه برداشت سونداژهای الکتریکی قائم (که شامل خطوط برداشتی است که تقریباً در جهت عمود بر مسیر جریان رودخانه دوغ طراحی شده‌اند) نشان داده شده است. لازم به ذکر است که مسیر حرکت رودخانه دوغ، از سمت شرق و شمال شرق منطقه به سمت غرب آن می‌باشد.



شکل ۳-۲- شبکه برداشت سونداژهای الکتریکی قائم به همراه نام و نقاط اجرای این سونداژها در مختصات UTM

برای اجرای سونداژهای مقاومت ویژه الکتریکی در این منطقه، آرایش الکترودی شولمبِرزه که متداول‌ترین آرایش مورد استفاده در عملیات سونداژزنی می‌باشد، انتخاب شده است. از مزایای آرایش شولمبِرزه این است که چون الکترودهای پتانسیل حداقل برای چندین طول AB ثابت مانده و جابجا نمی‌شوند، صرفه‌جویی قابل توجهی در زمان و همچنین مصرف کابل و سایر لوازم ایجاد می‌شود. با

اندازه‌گیری مقادیر مقاومت ویژه به ازای طول معین از فاصله الکتروودی و با دو مقدار متفاوت MN در سونداژزنی با آرایش شولمبرژه، می‌توان به اثر تغییرات سطحی و جانبی مقاومت ویژه در منطقه مورد مطالعه پی برده و آن را از تغییرات عمقی مقاومت ویژه تفکیک نمود. برای اندازه‌گیری مقاومت ویژه در هر منطقه، با نصب دستگاه مقاومت‌سنج و ارسال جریان به داخل زمین، مقادیر مقاومت الکتریکی قرائت و با استفاده از معادله (۱-۱) به مقاومت ویژه الکتریکی تبدیل می‌شوند [۷].

مقادیر مقاومت ویژه حاصل از سونداژهای الکتریکی اجرا شده بر روی خطوط برداشت A تا J در منطقه مخروط افکنه‌ای دوغ، در پیوست شماره ۱ ارائه شده است [۶].

پس از جمع‌آوری داده‌های صحرائی، تفسیر و مدل‌سازی دستی و کامپیوتری آن‌ها (با استفاده از نرم‌افزارهای مختلف) انجام شده است که در فصل‌های سوم و چهارم، به تفصیل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

## فصل سوم

تعبیر و تفسیر یک بعدی داده‌های صحرایی

هدف از تفسیر داده‌های حاصل از سونداژزنی الکتریکی قائم در یک منطقه، به دست آوردن یک تصویر یا مدل ژئوالکتریکی قابل قبول و منطقی است که با نتایج مطالعات زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی آن منطقه مطابقت داشته باشد.

در ابتدا ممکن است برای به دست آوردن یک تصویر عمومی از منطقه مورد مطالعه، تفسیر به صورت کیفی انجام پذیرد. در تفسیر کیفی، تغییرات مقاومت ویژه ظاهری به دست آمده از نقشه‌ها و مقاطع مربوط به آن، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. برای به دست آوردن مدل واقعی از زمین، تفسیر باید به صورت کمی انجام پذیرد. در تفسیر کمی از داده‌های خام (مقادیر مقاومت ویژه ظاهری)، یک سری پارامترهای فیزیکی شامل مقاومت ویژه واقعی و ضخامت لایه‌ها تعیین می‌شوند. برای به دست آوردن تفسیر دقیق‌تر، باید نتایج حاصله را با سایر داده‌های حاصل از زمین‌شناسی، حفاری و غیره تلفیق نمود [۲۱].

در تفسیر کمی، برای به دست آوردن مقادیر مقاومت ویژه حقیقی و ضخامت لایه‌ها، از منحنی‌های استاندارد و نرم‌افزارهای VES و Ipi2win استفاده شده است. منحنی‌های سونداژ الکتریکی در ابتدا به روش دستی و با استفاده از سرمنحنی‌های دولایه‌ای و منحنی‌های کمکی و سپس با استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری مذکور، مورد تفسیر قرار گرفته‌اند. مدل‌های به دست آمده از تفسیر دستی، تطبیق مناسب‌تری با داده‌های صحرائی ارائه نموده و به همین علت در تفسیر نهایی، از نتایج به دست آمده با روش فوق‌الذکر، استفاده بیشتری به عمل آمده است.

معمولاً داده‌های خام به دست آمده از سونداژهای الکتریکی، بر روی یک منحنی با محورهای لگاریتمی ارائه می‌شوند. در این محورها، مقدار  $\rho_a$  به صورت تابعی از طول  $AB/2$  رسم می‌شود. با استفاده

از سیستم محورهای لگاریتمی، تفسیر نتایج به کمک منحنی‌های استاندارد یا آباک‌ها آسان‌تر می‌گردد [۲۱].

### ۳-۲- تعبیر و تفسیر کیفی سونداژهای الکتریکی

به طور کلی، آنچه که در تعبیر و تفسیر کیفی یک منحنی سونداژ الکتریکی مورد توجه قرار می‌گیرد، نقاط ماکزیمم و مینیمم بر روی این منحنی است. وجود هر ماکزیمم یا مینیمم بر روی منحنی (برای طبقات افقی)، می‌تواند معرف وجود یک لایه با مقاومت ویژه متفاوت باشد. البته باید در نظر داشت که این قاعده، کلی نیست و برای آنکه یک لایه بتواند خود را بر روی منحنی نشان دهد، باید دارای ضخامت کافی و تباین مقاومت ویژه<sup>۱</sup> مناسب با طبقات مجاورش باشد. نکته قابل توجه، شناخت منحنی‌های سونداژ الکتریکی برای حالت‌های مختلف است. برای افراد باتجربه، تغییر شیب منحنی، قسمت‌های بالارونده و پایین‌رونده و مسائلی از این قبیل، هر یک می‌تواند شامل اطلاعات کیفی در رابطه با تغییرات مقاومت ویژه در یک منطقه باشد [۷].

### ۳-۳- تعبیر و تفسیر کمی سونداژهای الکتریکی

مجموعه وسیعی از منحنی‌های استاندارد (آباک‌ها) برای طبقات افقی دو تا چهار لایه‌ای تهیه شده‌اند. این منحنی‌های سونداژ الکتریکی به صورت گروه‌هایی طبقه‌بندی شده‌اند و در نتیجه، به راحتی می‌توان منحنی‌های استاندارد را که مشابه منحنی سونداژ الکتریکی به دست آمده می‌باشند، مشخص نمود و

---

<sup>۱</sup> Resistivity Contrast

مشخصات لایه‌های مربوط به سونداژ مذکور را تعیین کرد. برای اینکه یک منحنی سونداژ الکتریکی، منحصرأ مربوط به طبقات افقی باشد، باید شرایط زیر برای آن صادق باشد:

۱- شیب قسمت بالارونده منحنی نباید از ۴۵ درجه بیشتر باشد.

۲- شعاع انحنای منحنی در نزدیکی نقطه ماکزیمم آن نباید از حد معینی کوچکتر باشد (این مقدار تقریباً برابر با نسبت ۲ در مقیاس لگاریتمی انتخاب شده می‌باشد).

۳- در خصوص شیب قسمت پایین‌رونده منحنی سونداژ الکتریکی و شعاع انحنای آن در نزدیکی نقطه مینیمم، محدودیت‌هایی مانند قسمت‌های ۱ و ۲ و حتی شدیدتر وجود دارد.

بعد از مشخص شدن اینکه منحنی سونداژ الکتریکی مربوط به طبقات افقی می‌باشد، تعیین مشخصات لایه سطحی به سادگی امکان‌پذیر است. برای این کار می‌توان از منحنی‌های استاندارد (برای دو لایه) استفاده کرد. مجانب منحنی برای مقادیر کوچک فاصله الکترودی، مشخص‌کننده مقاومت ویژه لایه اول است اما برای تعیین مشخصات این لایه، منحنی آن لایه بر منحنی استاندارد مربوطه منطبق می‌گردد. تقاطع محورهای افقی و قائم منحنی استاندارد روی کاغذ لگاریتمی که منحنی سونداژ الکتریکی روی آن رسم شده است، با علامت (+) مشخص شده و مختصات این نقطه به دست می‌آید. طول این نقطه معادل با ضخامت و عرض آن معادل با مقاومت ویژه لایه اول می‌باشد [۱۴].

برای تعیین مشخصات لایه دوم، در صورتی که زمین مورد مطالعه فقط از دو لایه تشکیل شده باشد (ضخامت لایه دوم بی‌نهایت زیاد باشد)، منحنی سونداژ الکتریکی به سمت مقاومت ویژه حقیقی لایه دوم مجانب می‌شود. در صورت وجود بیش از دو لایه، حتی اگر تباین مقاومت ویژه لایه دوم با لایه‌های اول و سوم زیاد باشد، منحنی سونداژ الکتریکی به مقدار حقیقی مقاومت ویژه لایه دوم نمی‌رسد. در این حالت،

با استفاده از منحنی‌های کمکی و با تطبیق جزء به جزء آن‌ها با منحنی سونداژ الکتریکی، می‌توان مشخصات لایه‌ها را به راحتی تعیین نمود [۲۲].

ارزیابی یک منحنی سونداژ الکتریکی ممکن است چندین پاسخ هم‌ارز داشته باشد. وظیفه متخصصین ژئوفیزیک، انتخاب نتیجه‌ای است که بهترین تطابق را با ساختارهای زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی شناخته شده در منطقه داشته باشد. راه دیگر برای انتخاب نتیجه مناسب، مقایسه پاسخ هر سونداژ با سونداژ مجاور است. باید امکان وصل کردن نشانه‌های یک لایه در یک عمق اندازه‌گیری شده توسط یک سونداژ به نشانه‌های عمقی مربوطه در سونداژ بعدی، به نحوی که یک مقطع صحیح و منطقی (از نظر زمین‌شناسی) به دست آید، وجود داشته باشد. در سونداژزنی (همانند مغزه‌گیرهای حفاری) می‌توان مرز و یا ضخامت لایه‌های مجاور را ثبت کرد. با این تفاوت که در اینجا به جای سنگ‌شناسی، مقاومت ویژه واقعی لایه‌ها ارائه می‌گردد [۲۳].

### ۳-۴- تفسیر سونداژهای الکتریکی برداشت شده در منطقه مخروط افکنه‌ای دوغ

همان‌طور که در فصل دوم نیز ذکر شد، برای به دست آوردن اطلاعات مورد نظر از منطقه مورد مطالعه، تعداد ۷۲ سونداژ الکتریکی که موقعیت آن‌ها در شکل ۲-۳ نشان داده شده است، برداشت شد. در ابتدا، کلیه سونداژهای الکتریکی برداشت شده با کمک منحنی‌های استاندارد تفسیر شده و سپس با استفاده از نرم‌افزارهای VES و Ipi2win نیز این منحنی‌ها مورد تفسیر قرار گرفته و نتایج حاصل با هم مقایسه شده است. در نهایت، نتایج حاصل از تفسیر با منحنی‌های استاندارد (تفسیر دستی) به علت اطمینان بیشتر انتخاب گردیده است. قابل ذکر است که با توجه به مقادیر هدایت ویژه الکتریکی (EC) و مقدار کل مواد جامد حل شده در آب (TDS) به دست آمده از سه چاه آب موجود در منطقه مورد مطالعه



(مقادیر کمتر از ۱۰۰۰ واحد برای هر دو پارامتر) که در فصل پنجم ارائه می‌گردد، مقاومت ویژه لایه آبدار تقریباً برابر با ۳۰-۴۰ اهم متر در نظر گرفته شده است. البته با توجه به رسوبات کم مقاومت ویژه موجود در منطقه مورد نظر، مقدار فوق‌الذکر می‌تواند به حدود ۲۵-۲۰ اهم متر نیز کاهش یابد.

### ۳-۴-۱- سونداژ الکتریکی A-1

در این قسمت، نتایج مدل‌های به دست آمده از تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ مقاومت ویژه الکتریکی توسط منحنی‌های استاندارد (تفسیر دستی) و نرم‌افزارهای VES و Ipi2win برای سونداژهای A-1 تا PRW-BIGDL، به ترتیب در جداول ۱-۳ تا ۳-۷ ارائه شده است. بنابراین، نتایج تفسیر انجام شده در مورد هر سونداژ، به طور مختصر شرح داده می‌شود.

خط برداشت A شرقی‌ترین خط برداشت موجود در منطقه مورد مطالعه است (شکل ۲-۳). سونداژ الکتریکی A-1 شمالی‌ترین سونداژ موجود بر روی این خط برداشت می‌باشد. در زیر این سونداژ با توجه به داده‌های جدول ۱-۳، وجود ۵ لایه قابل تشخیص است.

همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، وجود رسوبات احتمالاً رسی باعث کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی در این منطقه شده است. در مورد این سونداژ، لایه چهارم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌گردد. این لایه در عمق تقریبی ۱۰-۱۲ متری قرار دارد و ضخامت آن ۱۹۰-۱۷۵ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۱- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-1 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 4.4%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 10.5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۲/۴	۲۵	۳	۳۰	۳	۲۸	لایه اول
۱/۶	۷/۱	۲	۹	۲	۶	لایه دوم
۷/۷	۱۳/۲	۵	۱۸	۵	۱۴	لایه سوم
۱۷۵	۲۴	۱۹۰	۲۵	۱۹۰	۲۱	لایه چهارم
-	۴۲/۵	-	۵۲	-	۵۲	لایه پنجم

### ۳-۴-۲- سونداژ الکتریکی A-2

در زیر این سونداژ، با توجه به جدول ۳-۲، وجود ۶ لایه قابل تشخیص است اما پتانسیل آبی مطلوبی

در محدوده این سونداژ مشاهده نمی‌شود که علت آن، عمق کم سنگ بستر می‌باشد.

جدول ۳-۲- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-2 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 1.64 %		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 10.5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۸	۲۰/۷	۳	۲۵	۳	۲۵	لایه اول
۸	۳۳/۹	۹	۳۰	۹	۳۱	لایه دوم
۲۳/۷	۱۱۲/۵	۲۰	۱۰۰	۱۳	۱۲۵	لایه سوم
۲۴/۶	۱۸۷	۲۳	۱۸۰	۲۳	۱۸۸	لایه چهارم
۱۰۲/۶	۲۲۵	۱۰۰	۲۳۰	۱۲۲	۲۳۵	لایه پنجم
-	۲۰۰	-	۲۱۰	-	۲۱۲	لایه ششم

### ۳-۴-۳- سونداژ الکتریکی A-3

در زیر این سونداژ، با توجه به جدول ۳-۳، می‌توان وجود ۴ لایه را تشخیص داد که لایه سوم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۱۵-۱۰ متری قرار دارد و ضخامت آن ۶۲-۵۵ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-3 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.68%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 12.3		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۸	۱۲/۶	۳	۱۵	۳	۱۵	لایه اول
۱۳/۵	۲۴/۹	۷	۳۰	۷	۳۰	لایه دوم
۶۲	۳۳/۹	۵۵	۴۲	۵۵	۴۲	لایه سوم
-	۲۷۹	-	۱۱۰	-	۱۱۲	لایه چهارم

### ۳-۴-۴- سونداژ الکتریکی A-4

در مورد این سونداژ، با توجه به جدول ۳-۴، وجود ۷ لایه قابل تشخیص است. در این مورد، لایه پنجم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۷۸-۶۸ متری قرار دارد و ضخامت آن ۵۰-۴۵ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۴- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-4 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 3.27%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 6		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	
۱/۴	۲۸/۸	۳	۲۰	۳	۲۰	لایه اول
۱۸/۲	۲۲/۵	۱۵	۲۵	۱۴	۲۵	لایه دوم
۱۴/۵	۵۸/۷	۱۰	۵۰	۱۱	۵۰	لایه سوم
۴۲/۳	۲۳/۱	۴۰	۲۵	۴۰	۲۵	لایه چهارم
۴۴/۶	۳۵/۵	۵۰	۴۰	۵۰	۳۷	لایه پنجم
۷۶/۴	۴۹/۵	۶۵	۵۰	۶۲	۴۷	لایه ششم
-	۲۵۲	-	۱۴۰	-	۱۴۰	لایه هفتم

### ۳-۴-۵- سونداژ الکتریکی A-5

در زیر این سونداژ، با توجه به جدول ۳-۵، وجود ۵ لایه قابل تشخیص است. در محدوده این سونداژ،

لایه‌های مقاوم سطحی و عمقی و میان‌لایه‌های کم مقاومت ویژه احتمالاً رسی مشاهده می‌شود و بنابراین،

پتانسیل آبی مطلوبی به چشم نمی‌آید.

جدول ۳-۵- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-5 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 7.9%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 5.1		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	
۲/۱	۳۵/۹	۳	۴۰	۳	۴۰	لایه اول
۲/۶	۵۹	۴	۸۰	۴	۸۰	لایه دوم
۹/۱	۲۴/۸	۱۰	۲۵	۱۰	۲۴	لایه سوم
۴۲/۹	۱۹/۸	۴۰	۱۵	۳۷	۱۵	لایه چهارم
-	۱۰۱/۱	-	۷۰	-	۷۲	لایه پنجم

### ۳-۴-۶- سونداژ الکتریکی B-1

خط برداشت B در غرب خط برداشت A واقع شده است (شکل ۲-۳). سونداژ B-1 شمالی‌ترین سونداژ موجود بر روی این خط برداشت می‌باشد. بررسی تمام مدل‌های موجود در جدول ۳-۶، وجود ۶ لایه را در زیر این سونداژ تأیید می‌کند. وجود لایه مقاوم سطحی و لایه‌های کم مقاومت ویژه احتمالاً رسی در زیر این لایه، مشخص می‌کند که در زیر این سونداژ، پتانسیل آبی مطلوبی وجود ندارد و تنها لایه سوم، با ضخامت حدود ۵-۷ متر، که در عمق تقریبی ۵ متری قرار دارد را می‌توان به عنوان لایه آبدار در نظر گرفت.

جدول ۳-۶- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-1 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 12.5%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 10.7		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	
۱/۵	۴۸/۸	۳	۴۵	۳	۴۶	لایه اول
۳/۳	۲۶/۱	۲	۳۰	۲	۲۷	لایه دوم
۷/۲	۳۸/۳	۵	۴۵	۵	۴۱	لایه سوم
۱۴/۵	۵/۲	۱۵	۱۰	۱۴	۱۰	لایه چهارم
۳۲/۲	۱۱/۷	۳۶	۹	۳۶	۶	لایه پنجم
-	۱۶/۱	-	۱۲	-	۱۲	لایه ششم

### ۳-۴-۷- سونداژ الکتریکی B-2

همان‌طور که در تمام مدل‌های موجود در جدول ۳-۷ مشاهده می‌شود، در محدوده این سونداژ وجود ۶ لایه قابل تشخیص است. در زیر این سونداژ، دو لایه مقاوم (لایه چهارم و ششم) و سایر لایه‌ها دارای

هدایت ویژه بالاتری هستند. علت این امر آن است که هر چه به سمت جنوب خط برداشت B برویم، ضخامت رسوبات افزایش و ابعاد ذرات آنها کاهش می‌یابد. در نتیجه، مقاومت ویژه لایه‌ها کاسته شده و دسترسی به پتانسیل آبی مطلوب در زیر این سونداژ، غیر ممکن است.

جدول ۳-۷- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-2 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 4.82%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 9.8		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	
۱/۵	۲۴/۷	۵	۳۰	۵	۲۷	لایه اول
۴/۳	۱۶/۷	۵	۱۵	۵	۱۱	لایه دوم
۱۷/۴	۲۶/۲	۱۵	۲۵	۱۸	۱۶	لایه سوم
۲۸/۵	۱۰۷	۳۵	۸۵	۳۲	۶۵	لایه چهارم
۹۹/۶	۲۲/۸	۹۰	۲۸	۹۰	۱۹	لایه پنجم
-	۶۷	-	۶۰	-	۵۸	لایه ششم

### ۳-۴-۸- سونداژ الکتریکی B-3

با توجه به مدل‌های به دست آمده برای این سونداژ که در جدول ۳-۸ آمده است، وجود ۷ لایه در زیر آن قابل تشخیص می‌باشد.

در زیر این سونداژ، لایه‌های سطحی (سه لایه اول) هادی و لایه‌های عمقی (چهار لایه دوم) مقاوم هستند. علت مقاومت ویژه بالای لایه‌های عمقی، عمق کم سنگ بستر در زیر این سونداژ می‌باشد. به طور کلی در زیر این سونداژ نیز، مشابه سونداژ B-2، پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی‌شود.

جدول ۳-۸- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-3 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 1.43%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 17.9		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۸	۲۲/۸	۳	۲۵	۳	۲۴	لایه اول
۱/۹	۳۳/۸	۵	۳۵	۵	۳۶	لایه دوم
۷/۴	۲۳/۹	۵	۳۰	۵	۲۹	لایه سوم
۱۵/۲	۵۲/۱	۱۸	۵۸	۱۲	۵۸	لایه چهارم
۳۰/۸	۲۰۰	۳۵	۱۰۰	۳۵	۱۷۳	لایه پنجم
۸۹	۲۸۲	۷۰	۱۴۰	۷۰	۲۵۹	لایه ششم
-	۱۵۵	-	۱۲۵	-	۲۰۷	لایه هفتم

#### ۳-۴-۹- سونداژ الکتریکی B-4

با توجه به مدل‌های به دست آمده برای این سونداژ که در جدول ۳-۹ آمده است، وجود ۵ لایه در

زیر آن قابل تشخیص می‌باشد.

جدول ۳-۹- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-4 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 4.21%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 12.9		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۵	۱۶/۴	۳	۲۰	۳	۱۸	لایه اول
۵/۹	۳۰/۷	۵	۲۵	۵	۲۵	لایه دوم
۱۶/۴	۳۸/۹	۲۰	۴۰	۱۹	۴۲	لایه سوم
۷۴/۸	۴۴/۳	۹۵	۶۵	۹۵	۶۴	لایه چهارم
-	۱۶۷	-	۱۹۰	-	۱۹۲	لایه پنجم

در مورد این سونداژ، لایه سوم که یک لایه سطحی با ضخامت زیاد است، به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۶-۸ متری قرار دارد و ضخامت آن ۱۶-۲۰ متر برآورد گردیده است.

### ۳-۴-۱۰- سونداژ الکتریکی B-5

با توجه به مدل‌های به دست آمده برای این سونداژ که در جدول ۳-۱۰ آمده است، وجود ۶ لایه در زیر آن قابل تشخیص می‌باشد. در زیر این سونداژ، ضخامت رسوبات به حداکثر مقدار خود می‌رسد. بنابراین، لایه‌های موجود در زیر این سونداژ، هدایت ویژه بالایی دارند و در محدوده این سونداژ، پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی‌شود.

جدول ۳-۱۰- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-5 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 9.03%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 3		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	
۳/۹	۲۱/۷	۳	۲۵	۳	۲۴	لایه اول
۷/۲	۱۸/۴	۲	۱۵	۲	۱۵	لایه دوم
۷/۵	۲۳/۲	۵	۲۰	۵	۱۸	لایه سوم
۱۹/۲	۱۳/۷	۱۵	۱۵	۱۵	۱۲	لایه چهارم
۷۰/۸	۱۹/۳	۵۰	۲۰	۵۰	۱۹	لایه پنجم
-	۳۲/۹	-	۳۰	-	۲۸	لایه ششم



### ۳-۴-۱۱- سونداژ الکتریکی B-6

با توجه به مدل‌های به دست آمده برای این سونداژ که در جدول ۳-۱۱ آمده است، وجود ۷ لایه در زیر آن قابل تشخیص می‌باشد. لایه‌های پنجم و ششم در زیر این سونداژ، دارای هدایت ویژه بالاتری نسبت به سایر لایه‌ها هستند. این لایه‌ها، همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شده است، احتمالاً رسی می‌باشند. در مورد این سونداژ، لایه چهارم با ضخامت ۱۵-۲۰ متر، که در عمق تقریبی ۱۷-۱۸ متری قرار دارد را می‌توان به عنوان لایه آبدار در نظر گرفت.

جدول ۳-۱۱- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-6 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 7.51%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 2.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۴/۴	۲۶/۹	۳	۲۵	۳	۲۵	لایه اول
۶/۳	۲۹/۲	۷	۳۰	۷	۳۲	لایه دوم
۸/۵	۱۸/۸	۷	۲۵	۷	۲۵	لایه سوم
۱۵/۵	۳۶/۸	۲۰	۳۰	۱۸	۳۰	لایه چهارم
۵۷/۶	۲۱/۲	۶۰	۱۵	۶۰	۱۶	لایه پنجم
۳۰/۲	۱۳/۷	۲۵	۱۲	۲۵	۹	لایه ششم
-	۵۴/۵	-	۴۵	-	۴۷	لایه هفتم

### ۳-۴-۱۲- سونداژ الکتریکی B-7

با توجه به مدل‌های به دست آمده برای این سونداژ که در جدول ۳-۱۲ آمده است، وجود ۶ لایه در زیر آن قابل تشخیص می‌باشد. لایه آخر موجود در زیر این سونداژ، دارای مقاومت ویژه بالاتری نسبت به

لایه آخر موجود در زیر سونداژهای B-5 و B-6 می‌باشد. علت این امر، وجود سنگ بستر مقاوم در زیر سونداژ B-7 می‌باشد ولی در مورد سونداژهای B-5 و B-6 چنین حالتی وجود ندارد. به طور کلی در مورد این سونداژ، لایه پنجم با ضخامت ۹۰-۱۰۵ متر، که در عمق تقریبی ۶۰-۵۵ متری قرار دارد را می‌توان به عنوان لایه آبدار در نظر گرفت.

جدول ۳-۱۲- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-7 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 9.03%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 3		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	
۴/۶	۲۸/۴	۳	۳۵	۳	۳۵	لایه اول
۵/۲	۲۱/۸	۷	۲۵	۷	۲۵	لایه دوم
۱۵/۵	۳۳/۶	۱۸	۳۰	۱۸	۳۱	لایه سوم
۲۹/۳	۲۸/۸	۳۵	۲۵	۳۲	۲۴	لایه چهارم
۱۰۵	۳۲/۹	۹۰	۳۸	۹۰	۳۷	لایه پنجم
-	۲۲۵	-	۱۸۵	-	۱۸۴	لایه ششم

### ۳-۴-۱۳- سونداژ الکتریکی PRW-BABA

خط برداشت C در غرب خط برداشت B واقع شده است و از سمت شمال به سونداژ واقع در محل چشمه باباجعفر منتهی می‌گردد (شکل ۲-۳). به عبارت دیگر، سونداژ PRW-BABA شمالی‌ترین سونداژ واقع بر روی این خط برداشت می‌باشد.

با توجه به داده‌های جدول ۳-۱۳، وجود ۷ لایه در زیر این سونداژ قابل تشخیص است. در مورد این سونداژ، لایه چهارم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۱۶-۱۵ متری قرار دارد و ضخامت آن ۱۸-۱۵ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۱۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ PRW-BABA به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.83%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 8.8		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۳	۳۸/۲	۳	۳۵	۳	۳۸	لایه اول
۱/۱	۱۴/۲	۲	۱۵	۲	۱۵	لایه دوم
۱۳/۴	۲۷/۷	۱۰	۲۰	۱۰	۱۹	لایه سوم
۱۷/۸	۳۰/۸	۱۵	۳۳	۱۵	۲۸	لایه چهارم
۵۵/۵	۷۷/۵	۴۵	۷۰	۴۵	۷۱	لایه پنجم
۲۲۹	۱۶/۲	۱۵۰	۲۰	۱۵۰	۱۷	لایه ششم
-	۱۴/۴	-	۷	-	۷	لایه هفتم

### ۳-۴-۱۴- سونداژ الکتریکی C-1

همان‌طور که از داده‌های جدول ۳-۱۴ مشخص است، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در محدوده این سونداژ پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی‌شود. علت این امر، عمق کم سنگ بستر و وجود لایه‌های مقاوم کم‌عمق در محدوده این سونداژ می‌باشد.

جدول ۳-۱۴- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-1 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 19.2%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 19.9		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۶	۲۹/۲	۳	۲۵	۳	۲۶	لایه اول
۷/۳	۳۵/۴	۷	۳۵	۷	۳۹	لایه دوم
۱۷/۸	۱۲۰/۲	۱۲	۱۱۰	۱۲	۹۸	لایه سوم
۴۵/۴	۱۸۴/۷	۴۲	۱۰۰	۵۳	۱۴۶	لایه چهارم
-	۵۲/۲	-	۴۵	-	۷۳	لایه پنجم

### ۳-۴-۱۵- سونداژ الکتریکی C-2

همان‌طور که از داده‌های جدول ۳-۱۵ مشخص است، در زیر این سونداژ وجود ۶ لایه قابل تشخیص

است اما به علت مشابه با سونداژ قبلی، در زیر این سونداژ نیز پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی‌شود.

جدول ۳-۱۵- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-2 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 4.65%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 16.1		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۶	۲۳/۳	۳	۳۰	۳	۳۰	لایه اول
۲/۳	۷۰/۱	۴	۶۰	۴	۶۰	لایه دوم
۱۴/۷	۳۸/۹	۱۳	۴۲	۱۳	۴۲	لایه سوم
۲۸	۵۷/۱	۴۸	۶۵	۴۸	۱۰۵	لایه چهارم
۶۲/۵	۱۵۱/۳	۵۰	۱۴۰	۷۲	۲۱۰	لایه پنجم
-	۱۴۲	-	۸۵	-	۱۲۶	لایه ششم

### ۳-۴-۱۶- سونداژ الکتریکی C-3

همان طور که از داده‌های جدول ۳-۱۶ مشخص است، در زیر این سونداژ وجود ۶ لایه قابل تشخیص است. عمق کم سنگ بستر سبب شده است که در زیر این سونداژ نیز، مشابه دو سونداژ قبلی، پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نگردد.

جدول ۳-۱۶- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-3 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 1.58 %		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 19.5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۹	۲۲/۷	۳	۱۸	۳	۲۲	لایه اول
۱۰/۸	۵۵/۸	۵	۶۰	۵	۶۶	لایه دوم
۲۹/۹	۴۷/۱	۲۷	۵۰	۲۷	۵۳	لایه سوم
۴۱/۵	۷۶/۵	۴۵	۶۸	۴۵	۱۰۶	لایه چهارم
۱۱۷	۱۳۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۲۰	۲۱۲	لایه پنجم
-	۲۰۸	-	۱۵۰	-	۳۱۶	لایه ششم

### ۳-۴-۱۷- سونداژ الکتریکی C-4

با توجه به داده‌های جدول ۳-۱۷، در زیر این سونداژ وجود ۶ لایه را می‌توان تشخیص داد. با حرکت به سمت جنوب خط برداشت C، عمق سنگ بستر کاهش و ضخامت رسوبات منطقه افزایش می‌یابد.

جدول ۳-۱۷- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-4 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.75 %		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 1.7		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۴/۸	۳۰/۵	۳	۳۰	۳	۳۰	لایه اول
۵/۲	۲۱/۱	۴	۲۵	۴	۲۴	لایه دوم
۷/۸	۲۹/۲	۵	۳۰	۵	۳۰	لایه سوم
۱۷/۸	۲۳/۳	۲۰	۲۱	۲۰	۲۱	لایه چهارم
۱۴۴/۴	۳۸/۱	۱۳۸	۳۲	۱۳۸	۳۲	لایه پنجم
-	۷۴/۲	-	۶۵	-	۶۳	لایه ششم

بنابراین، مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌ها در زیر این سونداژ کاهش می‌یابد. در مورد این سونداژ، لایه پنجم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۳۶-۳۲ متری قرار دارد و ضخامت آن ۱۴۵-۱۳۸ متر برآورد گردیده است.

### ۳-۴-۱۸- سونداژ الکتریکی C-5

با توجه به داده‌های جدول ۳-۱۸، در زیر این سونداژ وجود ۶ لایه را می‌توان تشخیص داد. در زیر این سونداژ، ضخامت رسوبات به حداکثر مقدار خود می‌رسد و مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌ها به طور محسوسی کاهش می‌یابد. بنابراین در زیر این سونداژ، به علت حضور رسوبات ریزدانه احتمالاً رسی، پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی‌شود.

جدول ۳-۱۸- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-5 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 1.25%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 3.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۸	۲۸/۳	۳	۲۲	۳	۲۱	لایه اول
۱/۹	۱۱/۳	۳	۱۷	۳	۱۷	لایه دوم
۵/۷	۲۳/۶	۸	۲۱	۸	۲۱	لایه سوم
۲۲/۵	۱۸/۱	۲۰	۱۵	۲۰	۱۵	لایه چهارم
۵۵/۲	۲۱/۹	۶۶	۱۸	۶۶	۱۸	لایه پنجم
-	۱۶/۹	-	۲۵	-	۲۳	لایه ششم

### ۳-۴-۱۹- سونداژ الکتریکی C-6

با توجه به داده‌های جدول ۳-۱۹، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در زیر این سونداژ، به علت افزایش ضخامت رسوبات (مشابه سونداژ قبلی)، مقادیر مقاومت ویژه لایه‌ها کاهش می‌یابد. با این حال، لایه سوم که در عمق تقریبی ۶-۸ متری قرار دارد و ضخامت آن ۱۷-۱۵ متر برآورد گردیده است را می‌توان به عنوان یک لایه آبدار در نظر گرفت.

جدول ۳-۱۹- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-6 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.51%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 5.6		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۲/۵	۲۳/۶	۴	۲۲	۴	۲۲	لایه اول
۳/۹	۳۹/۳	۴	۴۴	۴	۴۴	لایه دوم
۱۵/۵	۳۱/۴	۱۷	۳۵	۱۷	۳۵	لایه سوم
۷۹/۹	۲۴/۳	۸۵	۲۱	۸۵	۲۱	لایه چهارم
-	۲۸/۱	-	۳۲	-	۳۲	لایه پنجم

### ۳-۴-۲۰- سونداژ الکتریکی C-7

با توجه به داده‌های جدول ۳-۲۰، در زیر این سونداژ وجود ۶ لایه را می‌توان تشخیص داد. در زیر این سونداژ، لایه اول و لایه ششم مقاوم و سایر لایه‌ها هادی می‌باشند. با توجه به این که در قسمت جنوبی خط برداشت C با افزایش ضخامت رسوبات مواجه می‌شویم، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هیچ‌کدام از این لایه‌ها حاوی آب با کیفیت مناسب نمی‌باشند.

جدول ۳-۲۰- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-7 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 3.23%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 5.7		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	
۱/۹	۵۲/۹	۳	۴۰	۳	۵۰	لایه اول
۳/۳	۱۲/۱	۴	۱۵	۴	۱۵	لایه دوم
۱۶/۱	۲۰/۳	۱۸	۲۲	۱۸	۲۲	لایه سوم
۳۸/۲	۱۶/۴	۴۰	۱۸	۴۰	۱۸	لایه چهارم
۷۸/۲	۲۱/۹	۹۵	۲۳	۹۵	۲۳	لایه پنجم
-	۱۱۵	-	۹۰	-	۹۰	لایه ششم

### ۳-۴-۲۱- سونداژ الکتریکی SAZ-A

خط برداشت D در غرب خط برداشت C واقع شده است (شکل ۲-۳). سونداژی که بر روی یکی از سازندهای موجود در منطقه (SAZ-A) اجرا شده است، شمالی‌ترین سونداژ واقع بر روی این خط برداشت می‌باشد. با توجه به داده‌های جدول ۳-۲۱، در زیر این سونداژ وجود ۶ لایه را می‌توان تشخیص داد.



جدول ۳-۲۱- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ SAZ-A به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 3.23%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 5.7		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	
۵/۵	۲۸/۴	۳	۳۰	۳	۳۰	لایه اول
۶/۶	۱۶/۴	۳	۲۰	۳	۱۸	لایه دوم
۳/۳	۲۴/۳	۴	۲۵	۴	۲۲	لایه سوم
۶۸/۲	۱۸/۵	۸۰	۱۵	۸۰	۱۴	لایه چهارم
۷۲/۳	۱۱/۲	۸۰	۸	۸۰	۸	لایه پنجم
-	۱۳/۵	-	۱۰	-	۱۰	لایه ششم

همان‌طور که مشخص است، مقادیر مقاومت ویژه این لایه‌ها پایین می‌باشد. علت این امر را می‌توان به زیاد بودن ضخامت رسوبات در محدوده این سونداژ نسبت داد. در نتیجه، در زیر این سونداژ، پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی‌شود.

### ۳-۴-۲۲- سونداژ الکتریکی D-1

با توجه به داده‌های جدول ۳-۲۲، در زیر این سونداژ وجود ۴ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه سوم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۴۳-۴۰ متری قرار دارد و ضخامت آن ۱۸۳-۱۵۰ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۲۲- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-1 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 1.4%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit=1.8		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۴/۹	۲۲/۷	۳	۲۵	۳	۲۳	لایه اول
۳۵/۲	۲۲/۴	۴۰	۲۰	۳۷	۱۸	لایه دوم
۱۸۲/۹	۳۴/۴	۱۵۰	۳۵	۱۵۰	۳۷	لایه سوم
-	۲۴/۵	-	۲۸	-	۲۸	لایه چهارم

### ۳-۴-۲۳- سونداژ الکتریکی D-2

با توجه به داده‌های جدول ۳-۲۳، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. عمق سنگ بستر و در نتیجه مقاومت ویژه لایه‌های چهارم و پنجم در زیر این سونداژ افزایش یافته‌اند. در مورد این سونداژ، لایه سوم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۸-۷ متری قرار دارد و ضخامت آن ۲۸-۲۳ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۲۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-2 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.18%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit=9.7		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۸	۲۲/۵	۳	۲۵	۳	۲۵	لایه اول
۵/۶	۴۶/۷	۴	۴۰	۴	۵۰	لایه دوم
۲۲/۸	۲۷/۴	۲۸	۲۸	۲۸	۳۵	لایه سوم
۵۲/۹	۶۸/۳	۵۰	۶۰	۶۰	۷۰	لایه چهارم
-	۴۸/۱	-	۴۵	-	۵۶	لایه پنجم

### ۳-۴-۲۴- سونداژ الکتریکی D-3

با توجه به داده‌های جدول ۳-۲۴، در زیر این سونداژ وجود ۴ لایه را می‌توان تشخیص داد. در زیر این سونداژ، ضخامت رسوبات زیاد و در نتیجه دسترسی به لایه آبدار با کیفیت مطلوب غیر ممکن است.

جدول ۳-۲۴- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-3 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 4.98%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit=3.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۶/۲	۱۸/۸	۳	۱۸	۳	۱۸	لایه اول
۸/۵	۱۵/۴	۹	۱۵	۹	۱۴	لایه دوم
۲۹/۶	۲۳/۳	۲۸	۲۲	۲۸	۲۲	لایه سوم
-	۴۸/۲	-	۴۵	-	۵۴	لایه چهارم

### ۳-۴-۲۵- سونداژ الکتریکی D-4

با توجه به داده‌های جدول ۳-۲۵، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه اول مقاوم و سایر لایه‌ها هادی و احتمالاً از جنس رسوبات رسی می‌باشند و در نتیجه، دسترسی به لایه آبدار با کیفیت مطلوب در زیر این سونداژ، غیر ممکن است.

جدول ۳-۲۵- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-4 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 1.82%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 6.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۴	۴۰/۴	۳	۵۰	۳	۵۰	لایه اول
۸/۲	۲۸/۲	۱۰	۲۵	۱۰	۲۵	لایه دوم
۶/۸	۹/۴	۱۲	۱۰	۱۲	۱۰	لایه سوم
۶۵/۶	۱۵/۳	۶۵	۱۲	۶۵	۱۲	لایه چهارم
-	۲۳/۸	-	۳۲	-	۲۵	لایه پنجم

### ۳-۴-۲۶- سونداژ الکتریکی D-5

با توجه به داده‌های جدول ۳-۲۶، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. وجود دو لایه تقریباً مقاوم (لایه‌های دوم و پنجم) و میان‌لایه‌های هادی (لایه‌های سوم و چهارم) در زیر این سونداژ، دسترسی به منابع آبی با کیفیت مناسب را در محدوده این سونداژ، غیر ممکن می‌سازد.

جدول ۳-۲۶- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-5 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.79%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 3.2		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۵/۷	۳۸/۷	۳	۳۵	۳	۳۵	لایه اول
۵/۴	۴۸/۳	۷	۴۵	۷	۴۴	لایه دوم
۴۴/۸	۲۴/۳	۵۴	۲۸	۵۴	۲۶	لایه سوم
۹۲/۶	۲۶/۶	۸۶	۲۴	۸۶	۲۱	لایه چهارم
-	۴۷/۲	-	۵۵	-	۵۲	لایه پنجم

### ۳-۴-۲۷- سونداژ الکتریکی E-1

خط برداشت E در غرب خط برداشت D واقع شده است (شکل ۲-۳). این خط برداشت از سمت جنوب به سونداژی که بر روی یکی از سازندهای موجود در منطقه (SAZ-C) اجرا شده است، منتهی می‌گردد. سونداژ E-1 شمالی‌ترین سونداژ موجود بر روی این خط برداشت می‌باشد.

با توجه به داده‌های جدول ۳-۲۷، در زیر این سونداژ وجود ۶ لایه را می‌توان تشخیص داد. عمق کم سنگ بستر سبب شده است که لایه‌های چهارم، پنجم و ششم در زیر این سونداژ، از مقاومت ویژه بالایی برخوردار باشند. در نتیجه در زیر این سونداژ، پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی‌شود.

جدول ۳-۲۷- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-1 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.52 %		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 10.3		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۸	۲۲/۵	۳	۲۵	۳	۲۵	لایه اول
۱/۹	۴۷/۹	۳	۵۰	۳	۵۰	لایه دوم
۱۱/۳	۳۱/۶	۱۸	۳۵	۱۲	۳۵	لایه سوم
۴۱/۸	۴۷/۷	۴۷	۴۵	۴۷	۵۲	لایه چهارم
۱۲۶	۵۲/۲	۹۵	۵۵	۹۵	۶۶	لایه پنجم
-	۹۵	-	۸۲	-	۸۲	لایه ششم

### ۳-۴-۲۸- سونداژ الکتریکی E-2

با توجه به داده‌های جدول ۳-۲۸، در زیر این سونداژ وجود ۶ لایه را می‌توان تشخیص داد. به علت کاملاً مشابه با سونداژ قبلی، در زیر این سونداژ نیز پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی‌شود.

جدول ۳-۲۸- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-2 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 3.25 %		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 7.5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۲/۸	۱۷/۹	۳	۲۰	۳	۲۰	لایه اول
۷/۴	۳۰/۱	۹	۳۰	۹	۳۰	لایه دوم
۱۹/۷	۱۶/۲	۱۵	۲۵	۱۳	۲۴	لایه سوم
۳۳/۳	۴۴/۸	۴۰	۵۰	۴۰	۴۸	لایه چهارم
۱۱۰	۱۱۱	۸۵	۱۲۰	۸۵	۱۲۰	لایه پنجم
-	۱۸۱	-	۱۵۰	-	۱۵۰	لایه ششم

### ۳-۴-۲۹- سونداژ الکتریکی E-3

با توجه به داده‌های جدول ۳-۲۹، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه چهارم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۲۷-۲۴ متری قرار دارد و ضخامت آن ۳۱-۳۸ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۲۹- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-3 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.79%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 3.2		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۵	۲۶/۶	۳	۲۴	۳	۲۴	لایه اول
۷/۸	۱۷/۲	۷	۱۵	۷	۱۵	لایه دوم
۱۷/۴	۲۵/۹	۱۴	۲۰	۱۴	۱۸	لایه سوم
۳۸/۶	۳۳/۱	۳۲	۳۰	۳۱	۲۷	لایه چهارم
-	۶۴/۸	-	۷۲	-	۶۸	لایه پنجم

### ۳-۴-۳۰- سونداژ الکتریکی E-4

با توجه به داده‌های جدول ۳-۳۰، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه چهارم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۶۰-۵۱ متری قرار دارد و ضخامت آن ۱۴۰-۱۲۵ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۳۰- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-4 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 12.8%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 11.5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۹	۲۴/۱	۳	۳۰	۳	۲۹	لایه اول
۱/۳	۵۳/۴	۳	۵۵	۳	۵۸	لایه دوم
۴۷/۶	۲۵/۲	۵۴	۲۹	۵۴	۲۹	لایه سوم
۱۲۵/۱	۳۸/۵	۱۴۰	۴۲	۱۴۰	۴۴	لایه چهارم
-	۲۱۰	-	۱۳۰	-	۱۳۰	لایه پنجم

### ۳-۴-۳۱- سونداژ الکتریکی E-5

با توجه به داده‌های جدول ۳-۳۱، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه چهارم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۳۱-۲۵ متری قرار دارد و ضخامت آن ۱۸۰-۱۶۵ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۳۱- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-5 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.86%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 3.7		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۵	۲۴/۳	۳	۲۰	۳	۲۰	لایه اول
۹/۵	۱۸/۱	۸	۱۸	۷	۱۶	لایه دوم
۱۹/۹	۲۶/۷	۱۵	۲۰	۱۵	۲۰	لایه سوم
۱۸۰	۲۸/۵	۱۶۵	۲۵	۱۶۵	۲۵	لایه چهارم
-	۲۲۱	-	۱۰۰	-	۱۰۰	لایه پنجم

### ۳-۴-۳۲- سونداژ الکتریکی E-6

با توجه به داده‌های جدول ۳-۳۲، در زیر این سونداژ وجود ۶ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه‌های دوم و سوم مقاوم و لایه‌های زیرین دارای مقاومت ویژه کمتری می‌باشند. علت این امر، افزایش ضخامت رسوبات در قسمت جنوبی خط برداشت E می‌باشد. در نتیجه در زیر این سونداژ، پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی‌شود.

جدول ۳-۳۲- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-6 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.12%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 4.6		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۸	۲۱/۳	۳	۲۵	۳	۲۵	لایه اول
۵/۶	۴۹/۸	۳	۵۵	۳	۶۲	لایه دوم
۱۳/۷	۴۸/۴	۹	۳۸	۹	۴۴	لایه سوم
۶۹/۲	۱۵/۸	۴۰	۲۲	۴۰	۲۲	لایه چهارم
۳۵/۵	۲۳/۲	۳۱	۱۸	۳۱	۱۸	لایه پنجم
-	۲۱/۴	-	۲۰	-	۲۲	لایه ششم



### ۳-۴-۳- سونداژ الکتریکی E-7

با توجه به داده‌های جدول ۳-۳۳، در زیر این سونداژ وجود ۴ لایه را می‌توان تشخیص داد. به علت مشابه با سونداژ قبل، در زیر این سونداژ نیز پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی‌شود.

جدول ۳-۳۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-7 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 5.12%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 1.9		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۵/۴	۲۴/۲	۸	۲۵	۳	۲۵	لایه اول
۹/۲	۱۸/۵	۸	۲۲	۷	۲۲	لایه دوم
۱۲۲/۲	۱۷/۵	۱۴۰	۲۰	۱۴۰	۱۸	لایه سوم
-	۲۸/۸	-	۲۵	-	۲۶	لایه چهارم

### ۳-۴-۳- سونداژ الکتریکی SAZ-C

این سونداژ بر روی یکی از سازندهای موجود در منطقه (SAZ-C) و در فاصله ۸۵۰ متری جنوب شرقی سونداژ E-7 اجرا شده است. با توجه به داده‌های جدول ۳-۳۴، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه چهارم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۲۳-۲۹ متری قرار دارد و ضخامت آن ۴۲-۴۷ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۳۴- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ SAZ-C به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 3.79 %		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 3.1		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	P( $\Omega$ .m)	t(m)	$\rho$ ( $\Omega$ .m)	t(m)	$\rho$ ( $\Omega$ .m)	مشخصات
۲/۳	۱۹/۵	۳	۲۰	۳	۲۰	لایه اول
۵/۶	۳۱/۱	۷	۳۰	۷	۳۰	لایه دوم
۱۵/۲	۱۶/۳	۱۸	۱۸	۱۹	۱۸	لایه سوم
۴۲/۸	۳۲/۷	۴۵	۳۵	۴۷	۳۶	لایه چهارم
-	۱۶/۱	-	۲۲	-	۲۲	لایه پنجم

### ۳-۴-۳۵- سونداژ الکتریکی F-1

خط برداشت F در غرب خط برداشت E واقع شده است (شکل ۲-۳). سونداژ F-1 شمالی‌ترین سونداژ موجود بر روی این خط برداشت می‌باشد. با توجه به داده‌های جدول ۳-۳۵، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در زیر این سونداژ، لایه کم‌عمق سوم به عنوان لایه آبدار در نظر گرفته می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۱۱-۱۳ متری قرار دارد و ضخامت آن ۱۵-۲۰ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۳۵- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-1 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 3.4%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 5.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho$ ( $\Omega$ .m)	t(m)	$\rho$ ( $\Omega$ .m)	t(m)	$\rho$ ( $\Omega$ .m)	مشخصات
۳/۵	۳۱/۳	۳	۳۲	۳	۳۲	لایه اول
۷/۱	۷۲/۴	۱۰	۶۵	۱۰	۶۴	لایه دوم
۱۵/۵	۲۸/۶	۲۰	۳۲	۱۸	۳۲	لایه سوم
۸۵/۶	۹۲/۷	۷۵	۸۰	۷۹	۸۰	لایه چهارم
-	۱۹۰	-	۱۲۰	-	۱۲۰	لایه پنجم

### ۳-۴-۳۶- سونداژ الکتریکی F-2

با توجه به داده‌های جدول ۳-۳۶، در زیر این سونداژ وجود ۷ لایه را می‌توان تشخیص داد. عمق کم سنگ بستر سبب شده است که لایه‌های دوم، سوم و چهارم در زیر این سونداژ، از مقاومت ویژه بسیار بالایی برخوردار باشند. بنابراین، در زیر این سونداژ، پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی‌شود.

جدول ۳-۳۶- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-2 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 1.9%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 16.9		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	
۱/۸	۳۶/۹	۳	۳۸	۳	۴۴	لایه اول
۳/۷	۲۰۷/۹	۴	۱۰۰	۴	۱۷۶	لایه دوم
۱۱/۸	۱۶۷/۳	۱۶	۱۵۰	۱۶	۲۲۰	لایه سوم
۳۵/۲	۱۸۹/۸	۳۷	۱۰۰	۳۷	۱۵۴	لایه چهارم
۷۴/۸	۵۵/۵	۸۰	۴۰	۸۰	۶۲	لایه پنجم
۷۵/۷	۱۹/۲	۶۰	۱۸	۶۰	۱۸	لایه ششم
-	۲۸/۳	-	۲۳	-	۲۳	لایه هفتم

### ۳-۴-۳۷- سونداژ الکتریکی F-3

با توجه به داده‌های جدول ۳-۳۷، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه سوم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۱۶-۱۵ متری قرار دارد و ضخامت آن ۴۵-۵۲ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۳۷- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-3 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 3.4%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 5.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۹	۲۸/۶	۳	۲۸	۳	۲۷	لایه اول
۱۳/۶	۳۵/۶	۱۲	۳۱	۱۲	۳۴	لایه دوم
۵۲/۲	۳۸/۷	۴۵	۴۲	۴۵	۴۲	لایه سوم
۴۷/۳	۹۴/۵	۵۰	۱۰۵	۵۰	۱۰۵	لایه چهارم
-	۶۸/۶	-	۷۵	-	۷۴	لایه پنجم

### ۳-۴-۳۸- سونداژ الکتریکی F-4

با توجه به داده‌های جدول ۳-۳۸، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، افزایش ضخامت رسوبات در قسمت جنوبی خط برداشت F، کاهش محسوسی را در مقادیر مقاومت ویژه لایه‌ها ایجاد نموده است. در زیر این سونداژ، لایه چهارم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۲۰-۱۵ متری قرار دارد و ضخامت آن به طور متوسط ۲۵ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۳۸- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-4 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.67%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۵	۲۲/۱	۳	۲۰	۳	۱۸	لایه اول
۲/۳	۲۷/۲	۳	۲۵	۳	۲۲	لایه دوم
۱۱/۸	۱۷/۶	۱۴	۲۰	۱۴	۲۰	لایه سوم
۳۳/۱	۳۲/۴	۱۴	۳۰	۲۸	۳۰	لایه چهارم
-	۵۹/۶	-	۷۵	-	۷۵	لایه پنجم

### ۳-۴-۳۹- سونداژ الکتریکی F-5

با توجه به داده‌های جدول ۳-۳۹، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. ضخامت رسوبات در زیر این سونداژ افزایش و مقادیر مقاومت ویژه لایه‌ها به طور محسوسی کاهش می‌یابد. در نتیجه، دسترسی به منابع آبی با کیفیت مطلوب در زیر این سونداژ غیر ممکن می‌باشد.

جدول ۳-۳۹- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-5 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.55%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 7.2		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۶	۳۸/۴	۳	۳۶	۳	۳۶	لایه اول
۵/۱	۱۶/۲	۷	۱۵	۷	۱۱	لایه دوم
۱۳/۵	۱۱/۹	۱۲	۱۳	۱۲	۹	لایه سوم
۷۱/۶	۱۴/۴	۶۸	۱۵	۶۸	۱۰	لایه چهارم
-	۳۲/۵	-	۳۰	-	۲۷	لایه پنجم

### ۳-۴-۴۰- سونداژ الکتریکی F-6

با توجه به داده‌های جدول ۳-۴۰، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. به دلیل کاملاً مشابه با سونداژ قبل، در زیر این سونداژ نیز پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی‌شود.

جدول ۳-۴۰- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-6 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.12%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 1.8		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۴/۳	۲۶/۵	۳	۲۵	۳	۲۵	لایه اول
۵/۲	۱۷/۲	۷	۲۰	۷	۲۰	لایه دوم
۵۴/۳	۲۴/۹	۶۰	۲۰	۶۲	۱۶	لایه سوم
۱۷۵/۹	۲۱/۶	۱۷۸	۲۵	۱۷۸	۲۴	لایه چهارم
-	۵۳/۴	-	۷۵	-	۷۲	لایه پنجم

### ۳-۴-۴۱- سونداژ الکتریکی F-7

با توجه به داده‌های جدول ۳-۴۱، در زیر این سونداژ وجود ۶ لایه را می‌توان تشخیص داد. وجود

لایه‌های سطحی مقاوم (لایه‌های دوم، سوم و چهارم) سبب شده است تا هیچ پتانسیل آبی مطلوبی در زیر این سونداژ مشاهده نگردد.

جدول ۳-۴۱- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-7 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.86%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 12.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۷	۳۳/۷	۳	۳۵	۳	۳۴	لایه اول
۱/۸	۷۲/۶	۴	۸۵	۴	۸۵	لایه دوم
۱۱/۹	۱۰۲	۸	۱۰۵	۸	۱۰۶	لایه سوم
۱۷/۸	۴۳/۵	۲۲	۵۰	۲۲	۵۳	لایه چهارم
۳۲/۷	۱۹/۶	۳۱	۱۶	۳۱	۱۶	لایه پنجم
-	۵/۲	-	۱۰	-	۱۰	لایه ششم

### ۳-۴-۴۲- سونداژ الکتریکی G-1

خط برداشت G در غرب خط برداشت F واقع شده است (شکل ۲-۳). سونداژ G-1 شمالی‌ترین سونداژ موجود بر روی این خط برداشت می‌باشد. با توجه به داده‌های جدول ۳-۴۲، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه چهارم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۲۱-۱۶ متری قرار دارد و ضخامت آن به طور متوسط ۶۶ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۴۲- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-1 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 1.41%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 15		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۲/۶	۲۵/۵	۳	۳۲	۳	۳۲	لایه اول
۳/۸	۱۴/۱	۲	۱۵	۲	۱۰	لایه دوم
۱۳/۹	۱۸/۸	۱۱	۱۸	۱۱	۱۲	لایه سوم
۷۷/۸	۳۲/۷	۶۰	۴۰	۶۰	۳۶	لایه چهارم
-	۳۵/۱	-	۴۸	-	۲۹	لایه پنجم

### ۳-۴-۴۳- سونداژ الکتریکی G-2

با توجه به داده‌های جدول ۳-۴۳، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. عمق کم سنگ بستر باعث افزایش مقاومت ویژه لایه‌های سوم، چهارم و پنجم در زیر این سونداژ شده است. در نتیجه، در محدوده این سونداژ، پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی‌شود.

جدول ۳-۴۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-2 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 1.27%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 8.7		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۸	۱۲/۶	۳	۱۵	۳	۱۴	لایه اول
۱۳/۱	۱۸/۸	۹	۲۰	۹	۲۱	لایه دوم
۴۵/۲	۶۲/۷	۴۸	۶۵	۴۸	۶۳	لایه سوم
۹۳/۴	۷۳/۲	۸۰	۷۴	۸۰	۷۸	لایه چهارم
-	۶۸/۲	-	۶۵	-	۷۵	لایه پنجم

### ۳-۴-۴۴- سونداژ الکتریکی G-3

با توجه به داده‌های جدول ۳-۴۴، در زیر این سونداژ وجود ۶ لایه را می‌توان تشخیص داد. افزایش ضخامت رسوبات در قسمت جنوبی خط برداشت G، باعث کاهش مقاومت ویژه لایه‌های فوقانی شده است. در نتیجه، دسترسی به منابع آبی با کیفیت مطلوب در زیر این سونداژ، غیر ممکن می‌باشد.

جدول ۳-۴۴- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-3 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.92 %		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 1.7		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۲/۵	۲۲/۴	۳	۲۵	۳	۲۵	لایه اول
۱/۶	۱۷/۷	۵	۲۰	۵	۲۰	لایه دوم
۱۳/۲	۱۴/۸	۱۵	۱۸	۱۵	۱۶	لایه سوم
۶۲/۲	۲۲/۲	۵۷	۲۵	۵۷	۲۴	لایه چهارم
۱۴۸	۷۶/۵	۱۴۵	۶۵	۱۴۵	۷۲	لایه پنجم
-	۵۲/۲	-	۶۰	-	۵۸	لایه ششم



### ۳-۴-۴۵- سونداژ الکتریکی G-4

با توجه به داده‌های جدول ۳-۴۵، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه سوم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۸-۶ متری قرار دارد و ضخامت آن ۱۴-۹ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۴۵- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-4 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 1.79%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 2.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۶	۳۰/۳	۳	۳۲	۳	۳۴	لایه اول
۶/۲	۴۵/۱	۳	۵۰	۳	۵۱	لایه دوم
۱۳/۶	۳۲/۶	۹	۴۰	۹	۴۰	لایه سوم
۲۶/۳	۱۷/۵	۲۱	۲۰	۲۱	۲۰	لایه چهارم
-	۲۷/۸	-	۲۰	-	۱۶	لایه پنجم

### ۳-۴-۴۶- سونداژ الکتریکی G-5

با توجه به داده‌های جدول ۳-۴۶، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. وجود لایه‌های سطحی مقاوم (لایه‌های دوم و سوم) و لایه‌های عمقی هادی از جنس رسوبات احتمالاً رسی، دسترسی به منابع آبی با کیفیت مطلوب را در زیر این سونداژ غیر ممکن می‌سازد.

جدول ۳-۴۶- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-5 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.54%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 9.2		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۲/۸	۳۲/۳	۳	۳۸	۳	۳۸	لایه اول
۶/۴	۸۵/۱	۴	۱۰۰	۴	۹۵	لایه دوم
۱۶/۵	۵۱/۴	۱۸	۵۴	۱۸	۵۷	لایه سوم
۲۲/۲	۱۶/۲	۲۳	۲۱	۲۳	۱۷	لایه چهارم
-	۱۳/۸	-	۱۵	-	۱۴	لایه پنجم

### ۳-۴-۴۷- سونداژ الکتریکی G-6

با توجه به داده‌های جدول ۳-۴۷، در زیر این سونداژ وجود ۶ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه چهارم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۱۹-۱۶ متری قرار دارد و ضخامت آن ۲۹-۲۲ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۴۷- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-6 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 3.24%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 6		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۲/۱	۳۵/۵	۴	۴۰	۴	۴۰	لایه اول
۶/۳	۹۱/۲	۶	۸۰	۶	۸۰	لایه دوم
۸/۲	۴۸/۹	۹	۴۰	۹	۵۶	لایه سوم
۲۲/۳	۳۲/۵	۲۹	۲۸	۲۹	۲۸	لایه چهارم
۱۳۲	۱۸/۵	۱۴۰	۲۰	۱۴۲	۲۰	لایه پنجم
-	۱۳/۲	-	۱۵	-	۱۴	لایه ششم

### ۳-۴-۴۸- سونداژ الکتریکی H-1

خط برداشت H در غرب خط برداشت G واقع شده است (شکل ۲-۳). سونداژ H-1 شمالی‌ترین سونداژ موجود بر روی این خط برداشت می‌باشد. با توجه به داده‌های جدول ۳-۴۸، در زیر این سونداژ وجود ۴ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، به جز لایه آبدار دوم که از نظر کمی اهمیت چندانی ندارد، هیچ پتانسیل آبی قابل توجهی را نمی‌توان یافت.

جدول ۳-۴۸- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ H-1 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 4.63%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 15.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۶/۳	۱۴/۹	۳	۱۴	۳	۱۴	لایه اول
۷/۱	۳۴/۶	۱۰	۳۵	۱۰	۳۵	لایه دوم
۳۵/۳	۱۵۶	۲۵	۱۴۰	۳۷	۱۷۵	لایه سوم
-	۷۳	-	۳۸	-	۷۰	لایه چهارم

### ۳-۴-۴۹- سونداژ الکتریکی H-2

با توجه به داده‌های جدول ۳-۴۹، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه‌های فوقانی (لایه اول، دوم و سوم) مقاوم می‌باشند. در زیر این سونداژ، لایه چهارم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۳۶-۴۶ متری قرار دارد و ضخامت آن به طور متوسط ۱۰۰ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۴۹- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ H-2 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.54%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 9.2		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۴/۷	۵۶/۳	۳	۵۰	۳	۵۱	لایه اول
۹/۲	۶۳/۵	۵	۷۲	۵	۷۶	لایه دوم
۳۲/۶	۵۸/۴	۲۸	۵۵	۲۸	۶۱	لایه سوم
۹۴/۵	۳۵/۲	۱۰۵	۳۷	۱۰۴	۳۷	لایه چهارم
-	۲۳/۴	-	۲۲	-	۱۸	لایه پنجم

### ۳-۴-۵۰- سونداژ الکتریکی H-3

با توجه به داده‌های جدول ۳-۵۰، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه چهارم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۳۴-۴۲ متری قرار دارد و ضخامت آن به طور متوسط ۱۶۲ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۵۰- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ H-3 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 3.17%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 5.3		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۴/۱	۲۲/۴	۳	۲۵	۳	۲۳	لایه اول
۵/۸	۱۶/۷	۴	۱۵	۴	۱۴	لایه دوم
۳۱/۳	۲۱/۷	۲۷	۱۸	۲۷	۱۷	لایه سوم
۱۵۴	۳۵/۵	۱۶۶	۳۴	۱۶۶	۳۴	لایه چهارم
-	۴۴/۵	-	۴۲	-	۴۳	لایه پنجم

### ۳-۴-۵۱- سونداژ الکتریکی H-4

با توجه به داده‌های جدول ۳-۵۱، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه سوم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۱۷-۱۴ متری قرار دارد و ضخامت آن ۱۷-۱۲ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۵۱- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ H-4 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.02%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 11.9		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	
۵/۷	۲۵/۷	۳	۲۵	۳	۲۵	لایه اول
۸/۳	۲۱/۹	۱۴	۲۰	۱۴	۲۰	لایه دوم
۱۶/۹	۳۵/۳	۱۲	۳۰	۱۲	۳۰	لایه سوم
۳۰/۷	۶۸/۴	۲۷	۷۵	۲۷	۷۵	لایه چهارم
-	۱۲۳	-	۱۰۰	-	۱۱۲	لایه پنجم

### ۳-۴-۵۲- سونداژ الکتریکی H-5

با توجه به داده‌های جدول ۳-۵۲، در زیر این سونداژ وجود ۴ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه سوم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۲۲-۱۸ متری قرار دارد و ضخامت آن ۷۸-۷۲ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۵۲- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ H-5 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 1.87%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 1		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۲/۷	۲۷/۲	۳	۲۵	۳	۲۵	لایه اول
۱۵/۵	۱۹/۴	۱۹	۲۰	۱۹	۱۸	لایه دوم
۷۲/۶	۳۱/۹	۷۸	۲۵	۷۸	۲۶	لایه سوم
-	۶۱/۴	-	۵۵	-	۵۲	لایه چهارم

### ۳-۴-۵۳- سونداژ الکتریکی H-6

با توجه به داده‌های جدول ۳-۵۳، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه سوم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۷-۸ متری قرار دارد و ضخامت آن ۱۶-۱۷ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۵۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ H-6 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 1.95%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 5.9		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۸	۲۸/۲	۳	۲۵	۳	۲۴	لایه اول
۵/۷	۷۲/۸	۵	۷۲	۵	۷۲	لایه دوم
۱۶/۲	۳۹/۳	۱۷	۴۰	۱۷	۴۳	لایه سوم
۲۶/۴	۱۹/۲	۲۷	۱۸	۲۷	۱۷	لایه چهارم
-	۲۵/۲	-	۱۴	-	۱۴	لایه پنجم

### ۳-۴-۵۴- سونداژ الکتریکی H-7

با توجه به داده‌های جدول ۳-۵۴، در زیر این سونداژ وجود ۶ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، افزایش ضخامت رسوبات در قسمت جنوبی خط برداشت H، باعث کاهش محسوسی در مقادیر مقاومت ویژه لایه‌ها شده است. بنابراین، دسترسی به منابع آبی با کیفیت مطلوب در زیر این سونداژ، غیر ممکن می‌باشد.

جدول ۳-۵۴- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ H-7 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 1.86%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 6.2		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	
۲/۴	۳۸/۳	۳	۴۰	۳	۴۰	لایه اول
۵/۹	۲۸/۷	۷	۳۲	۷	۳۲	لایه دوم
۱۶/۴	۲۴/۹	۱۳	۲۲	۱۳	۱۹	لایه سوم
۲۶/۴	۱۷/۸	۲۷	۱۵	۲۷	۱۵	لایه چهارم
۱۴۸	۲۱/۲	۱۵۰	۱۴	۱۵۰	۱۴	لایه پنجم
-	۱۱/۲	-	۹	-	۷	لایه ششم

### ۳-۴-۵۵- سونداژ الکتریکی I-1

خط برداشت I در غرب خط برداشت H واقع شده است (شکل ۲-۳). سونداژ I-1 جنوبی‌ترین سونداژ موجود بر روی این خط برداشت می‌باشد. با توجه به داده‌های جدول ۳-۵۵، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد.

در مورد این سونداژ، ضخامت زیاد رسوبات در قسمت جنوبی خط برداشت I، باعث کاهش محسوسی در مقادیر مقاومت ویژه لایه‌ها شده است. بنابراین، دسترسی به منابع آبی با کیفیت مطلوب در زیر این سونداژ، غیر ممکن می‌باشد.

جدول ۳-۵۵- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ I-1 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 3.87%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 1.5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	
۳/۷	۲۳/۸	۳	۲۴	۳	۲۳	لایه اول
۲/۳	۲۸/۴	۳	۳۰	۲	۲۹	لایه دوم
۲۷/۴	۲۱/۸	۲۵	۲۰	۲۵	۲۰	لایه سوم
۱۲۴	۲۵/۷	۱۴۰	۲۲	۱۴۰	۲۲	لایه چهارم
-	۱۷/۲	-	۱۸	-	۱۸	لایه پنجم

### ۳-۴-۵۶- سونداژ الکتریکی I-2

با توجه به داده‌های جدول ۳-۵۶، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. به دلیل کاملاً مشابه با سونداژ قبل، دسترسی به منابع آبی با کیفیت مطلوب در زیر این سونداژ، غیر ممکن می‌باشد.



جدول ۳-۵۶- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ I-2 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 6.53%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 5.2		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۳	۳۳/۲	۳	۳۰	۳	۳۰	لایه اول
۴/۸	۱۹/۸	۴	۱۸	۴	۱۵	لایه دوم
۱۵/۶	۱۵/۴	۱۰	۱۴	۱۰	۱۲	لایه سوم
۸۱/۶	۱۳/۳	۸۰	۱۵	۸۳	۱۵	لایه چهارم
-	۱۰/۵	-	۷	-	۷	لایه پنجم

### ۳-۴-۵۷- سونداژ الکتریکی I-3

با توجه به داده‌های جدول ۳-۵۷، در زیر این سونداژ وجود ۶ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه چهارم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۳۴-۴۲ متری قرار دارد و ضخامت آن ۲۴-۲۸ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۵۷- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ I-3 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 4.62 %		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۲/۴	۱۸/۸	۳	۲۴	۳	۲۱	لایه اول
۳/۲	۳۰/۷	۵	۳۲	۵	۳۲	لایه دوم
۲۸/۷	۲۳/۱	۳۴	۲۵	۳۴	۲۵	لایه سوم
۲۴/۵	۳۵/۹	۲۸	۳۰	۲۸	۳۱	لایه چهارم
۱۴۲	۲۲/۴	۱۳۰	۲۸	۱۳۰	۲۸	لایه پنجم
-	۳۹/۷	-	۴۶	-	۴۲	لایه ششم

### ۳-۴-۵۸- سونداژ الکتریکی I-4

با توجه به داده‌های جدول ۳-۵۸، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. زیاد بودن ضخامت رسوبات در زیر این سونداژ، دسترسی به منابع آبی با کیفیت مطلوب را غیر ممکن می‌سازد.

جدول ۳-۵۸- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ I-4 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 6.53%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 5.2		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	
۱/۱	۲۷/۵	۳	۳۰	۳	۲۸	لایه اول
۲/۸	۱۶/۷	۳	۱۴	۳	۱۱	لایه دوم
۳/۶	۱۴/۳	۶	۱۰	۶	۸	لایه سوم
۱۰/۲	۱۵/۵	۱۴	۱۳	۱۵	۱۲	لایه چهارم
-	۲۲/۷	-	۲۱	-	۱۸	لایه پنجم

### ۳-۴-۵۹- سونداژ الکتریکی I-5

با توجه به داده‌های جدول ۳-۵۹، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه سوم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۷ متری قرار دارد و ضخامت متوسط آن ۱۷ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۵۹- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ I-5 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.08%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 17.6		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۵	۲۵/۷	۳	۲۹	۳	۲۹	لایه اول
۳/۱	۳۱/۴	۴	۳۶	۴	۳۶	لایه دوم
۲۳/۱	۳۳/۶	۱۳	۲۹	۱۳	۲۹	لایه سوم
۵۲/۷	۵۱/۳	۶۰	۵۸	۶۰	۵۸	لایه چهارم
-	۱۲۱	-	۱۰۵	-	۱۱۶	لایه پنجم

### ۳-۴-۶۰- سونداژ الکتریکی I-6

با توجه به داده‌های جدول ۳-۶۰، در زیر این سونداژ وجود ۴ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه سوم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۱۸-۱۵ متری قرار دارد و ضخامت آن ۷۲-۸۰ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۶۰- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ I-6 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 1.9%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 3.2		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۳/۶	۲۳/۸	۳	۲۵	۳	۲۵	لایه اول
۱۳/۷	۱۷/۴	۱۲	۲۰	۱۲	۱۸	لایه دوم
۷۲/۸	۳۱/۵	۸۰	۳۵	۸۰	۳۵	لایه سوم
-	۴۲/۸	-	۵۰	-	۵۲	لایه چهارم

### ۳-۴-۶۱- سونداژ الکتریکی I-7

با توجه به داده‌های جدول ۳-۶۱، در زیر این سونداژ وجود ۴ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه سوم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۱۸-۲۷ متری قرار دارد و ضخامت آن ۵۸-۶۱ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۶۱- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ I-7 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.95 %		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 4.1		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۸	۳۶/۴	۳	۳۵	۳	۳۲	لایه اول
۱۶/۹	۲۳/۶	۲۴	۲۱	۲۴	۱۹	لایه دوم
۶۰/۳	۳۱/۶	۵۸	۳۸	۵۸	۳۸	لایه سوم
-	۴۵/۲	-	۵۰	-	۴۸	لایه چهارم

### ۳-۴-۶۲- سونداژ الکتریکی I-8

با توجه به داده‌های جدول ۳-۶۲، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، با توجه به وجود لایه‌های سطحی بسیار مقاوم، امکان دسترسی به لایه‌های آبدار وجود ندارد.

جدول ۳-۶۲- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ I-8 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 1.69 %		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 12.5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۲/۵	۲۹/۵	۳	۳۵	۳	۳۵	لایه اول
۱۳/۳	۱۲۶/۸	۷	۸۰	۷	۱۴۰	لایه دوم
۱۶/۳	۱۱۴/۹	۱۳	۱۰۵	۱۳	۲۱۰	لایه سوم
۳۹/۷	۹۱/۷	۴۷	۵۰	۴۷	۱۰۵	لایه چهارم
-	۵۲/۴	-	۴۰	-	۶۳	لایه پنجم

### ۳-۴-۶۳- سونداژ الکتریکی J-1

خط برداشت J در غرب خط برداشت I واقع شده است (شکل ۲-۳). سونداژ J-1 جنوبی‌ترین سونداژ موجود بر روی این خط برداشت می‌باشد.

با توجه به داده‌های جدول ۳-۶۳، در زیر این سونداژ وجود ۴ لایه را می‌توان تشخیص داد. ضخامت زیاد رسوبات در قسمت جنوبی خط برداشت J، باعث کاهش محسوسی در مقادیر مقاومت ویژه لایه‌ها شده است. بنابراین، دسترسی به منابع آبی با کیفیت مطلوب در زیر این سونداژ، غیر ممکن می‌باشد.

جدول ۳-۶۳- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-1 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.7%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 2.1		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۵/۹	۳۲/۴	۳	۳۵	۳	۳۳	لایه اول
۶/۸	۲۹/۴	۷	۲۸	۷	۲۶	لایه دوم
۸۴/۷	۱۹/۸	۹۰	۱۵	۹۰	۱۶	لایه سوم
-	۱۲/۲	-	۱۰	-	۱۰	لایه چهارم

### ۳-۴-۶۴- سونداژ الکتریکی J-2

با توجه به داده‌های جدول ۳-۶۴، در زیر این سونداژ وجود ۶ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه‌های فوقانی مقاوم و سایر لایه‌ها دارای هدایت ویژه بالاتری می‌باشند. به طور کلی، دسترسی به منابع آبی با کیفیت مطلوب در زیر این سونداژ، غیر ممکن می‌باشد.

جدول ۳-۶۴- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-2 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 3.12%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 6.2		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۲/۱	۲۲/۹	۳	۲۴	۳	۲۷	لایه اول
۲/۶	۶۲/۹	۵	۷۱	۵	۶۸	لایه دوم
۳/۳	۴۰/۷	۵	۴۷	۵	۴۷	لایه سوم
۱۱/۴	۲۴/۶	۱۰	۲۱	۱۰	۱۹	لایه چهارم
۱۵۳	۹/۱	۱۳۷	۱۵	۱۳۷	۱۵	لایه پنجم
-	۶/۴	-	۹	-	۹	لایه ششم

### ۳-۴-۶۵- سونداژ الکتریکی J-3

با توجه به داده‌های جدول ۳-۶۵، در زیر این سونداژ وجود ۴ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه سوم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۳۲-۳۸ متری قرار دارد و ضخامت آن به طور متوسط ۱۰۷ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۶۵- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-3 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.95%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 1.7		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۵	۲۸/۷	۲	۲۵	۲	۲۲	لایه اول
۳۱/۲	۲۰/۳	۳۶	۱۹	۳۶	۱۸	لایه دوم
۱۱۷	۳۱/۴	۱۰۲	۲۷	۱۰۲	۲۶	لایه سوم
-	۲۴/۸	-	۲۵	-	۲۴	لایه چهارم

### ۳-۴-۶۶- سونداژ الکتریکی J-4

با توجه به داده‌های جدول ۳-۶۶، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه‌های اول و دوم هادی (احتمالاً از جنس رسوبات رسی) و لایه‌های سوم و چهارم مقاوم می‌باشند. بنابراین، در زیر این سونداژ، پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی‌شود.

جدول ۳-۶۶- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-4 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 4.06 %		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 9.9		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۹	۱۷/۲	۳	۱۷	۳	۱۷	لایه اول
۱۱/۳	۲۴/۴	۱۲	۱۸	۱۲	۱۹	لایه دوم
۲۹/۶	۴۵/۷	۳۵	۴۰	۳۵	۴۷	لایه سوم
۱۲۸	۵۲/۱	۱۰۵	۵۰	۱۵۰	۵۸	لایه چهارم
-	۲۷/۷	-	۲۹	-	۲۹	لایه پنجم

### ۳-۴-۶۷- سونداژ الکتریکی J-5

با توجه به داده‌های جدول ۳-۶۷، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه سوم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۳۰-۳۳ متری قرار دارد و ضخامت آن ۶۵-۶۰ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۶۷- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-5 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.81%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۲/۷	۱۳/۴	۳	۱۵	۳	۱۴	لایه اول
۲۹/۵	۲۰/۲	۲۷	۲۴	۲۷	۲۱	لایه دوم
۶۰/۶	۲۸/۹	۶۵	۳۲	۶۵	۳۲	لایه سوم
۱۱۷	۱۱۸	۱۱۵	۷۵	۱۱۵	۷۹	لایه چهارم
-	۱۴۵	-	۹۲	-	۹۸	لایه پنجم

### ۳-۴-۶۸- سونداژ الکتریکی J-6

با توجه به داده‌های جدول ۳-۶۸، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه سوم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۱۴-۱۱ متری قرار دارد و ضخامت آن ۱۸-۱۳ متر برآورد گردیده است.



جدول ۳-۶۸- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-6 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 2.9%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 9.3		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۵/۱	۲۱/۶	۳	۲۵	۳	۲۵	لایه اول
۸/۹	۱۴/۵	۸	۱۵	۸	۱۷	لایه دوم
۱۷/۶	۴۰/۸	۱۳	۳۵	۱۳	۳۵	لایه سوم
۵۱/۲	۶۵/۵	۵۶	۶۵	۵۶	۷۰	لایه چهارم
-	۱۰۷	-	۸۰	-	۸۷	لایه پنجم

### ۳-۴-۶۹- سونداژ الکتریکی J-7

با توجه به داده‌های جدول ۳-۶۹، در زیر این سونداژ وجود ۴ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، لایه سوم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۹-۷ متری قرار دارد و ضخامت آن ۸۵-۷۶ متر برآورد گردیده است.

جدول ۳-۶۹- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-7 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 3.48%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 2		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۲/۱	۳۴/۱	۳	۳۲	۳	۳۲	لایه اول
۵/۳	۲۴/۶	۶	۲۵	۶	۲۲	لایه دوم
۸۵/۳	۲۹/۲	۷۶	۲۶	۷۶	۲۵	لایه سوم
-	۳۵/۱	-	۳۱	-	۳۱	لایه چهارم

### ۳-۴-۷۰- سونداژ الکتریکی J-8

با توجه به داده‌های جدول ۳-۷۰، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه را می‌توان تشخیص داد. در زیر این سونداژ، هیچ پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی‌شود.

جدول ۳-۷۰- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-8 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 5.49%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 5.6		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۴/۴	۳۲/۵	۳	۳۴	۳	۳۳	لایه اول
۵/۵	۱۶/۲	۷	۱۵	۷	۱۳	لایه دوم
۱۳/۵	۱۴/۴	۹	۹	۸	۹	لایه سوم
۴۲/۴	۲۱/۶	۳۷	۱۸	۳۷	۱۸	لایه چهارم
-	۲۸/۸	-	۲۵	-	۲۳	لایه پنجم

### ۳-۴-۷۱- سونداژ الکتریکی J-9

با توجه به داده‌های جدول ۳-۷۱، در زیر این سونداژ وجود ۶ لایه را می‌توان تشخیص داد. در مورد این سونداژ، دو لایه فوقانی مقاوم و سایر لایه‌ها از هدایت ویژه بیشتری برخوردار می‌باشند. در نتیجه، در زیر این سونداژ، هیچ پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی‌شود.

جدول ۳-۷۱- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ J-9 به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 4.18%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 11.2		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۵	۵۸/۵	۳	۶۵	۳	۶۵	لایه اول
۱/۶	۳۷/۷	۴	۴۰	۴	۳۹	لایه دوم
۹/۷	۱۶/۶	۵	۱۰	۵	۱۰	لایه سوم
۲۱/۶	۱۲/۷	۱۸	۹	۱۸	۶	لایه چهارم
۵۶/۴	۱۴/۵	۴۵	۱۸	۴۵	۱۲	لایه پنجم
-	۱۸/۶	-	۱۶	-	۱۰	لایه ششم

### ۳-۴-۷۲- سونداژ الکتریکی PRW-BIGDL

سونداژ الکتریکی PRW-BIGDL بر روی یکی از چشمه‌های موجود در منطقه (چشمه بیگدل) اجرا شده است. این سونداژ در بین خطوط برداشت D و E و در فاصله ۵۰۰ متری شمال شرقی سونداژ E-2 (شکل ۳-۲) واقع شده است. با توجه به داده‌های جدول ۳-۷۲، در زیر این سونداژ وجود ۵ لایه قابل تشخیص است.

در مورد این سونداژ، لایه چهارم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌شود. این لایه در عمق تقریبی ۴۸-۴۲ متری قرار دارد و ضخامت آن ۱۰۲-۹۵ متر برآورد گردیده است.

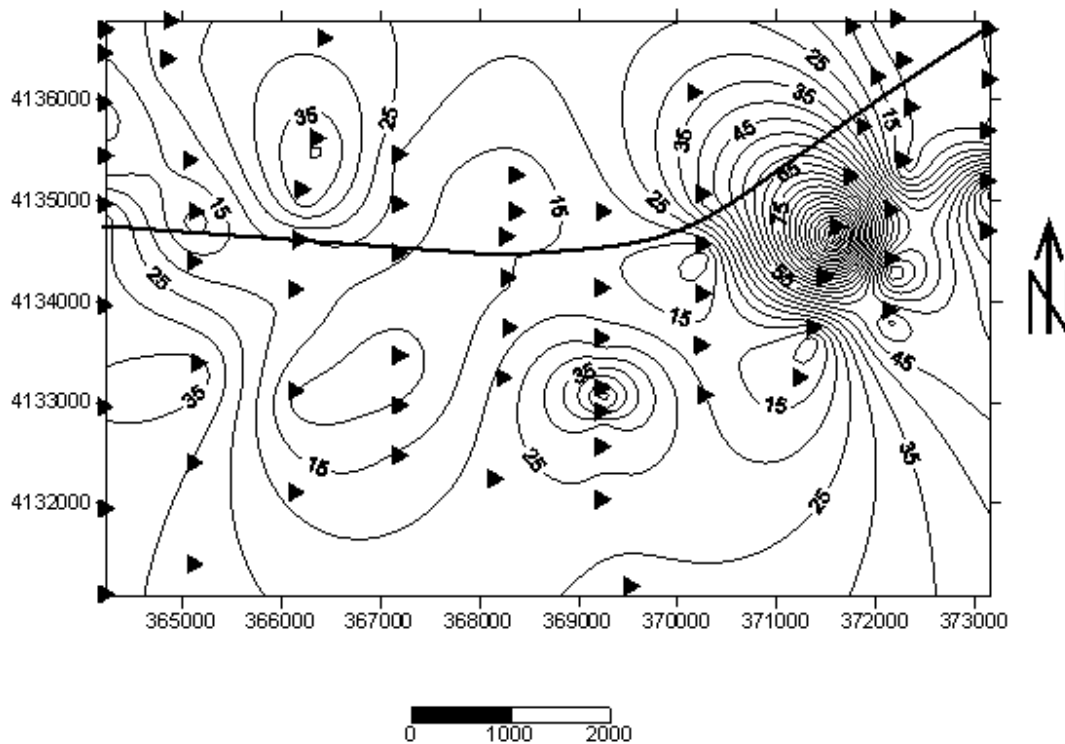
جدول ۳-۷۲- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ PRW-BIGDL به کمک روش‌های مختلف

تفسیر با نرم‌افزار Ipi2win Error= 4.44%		تفسیر با نرم‌افزار VES Misfit= 3.1		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	مشخصات
۱/۷	۳۴/۶	۳	۳۶	۳	۳۳	لایه اول
۱۷/۵	۱۱/۵	۱۹	۱۶	۱۹	۱۶	لایه دوم
۲۲/۷	۲۵/۶	۲۶	۲۳	۲۶	۲۱	لایه سوم
۹۵/۲	۳۴/۸	۱۰۲	۳۲	۱۰۲	۳۱	لایه چهارم
-	۸۰/۷	-	۷۰	-	۷۷	لایه پنجم

### ۳-۵- نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی

در شکل ۳-۱ نقشه هم‌عمق آب منطقه (که با استفاده از نتایج تفسیر یک‌بعدی صورت گرفته بر روی داده‌های حاصل از تمام سونداژها تهیه گردیده است) به همراه مسیر جریان رودخانه دوغ نشان داده شده است. پس از تفسیر دستی منحنی‌های سونداژ الکتریکی و به دست آوردن عمق آب در زیر هر سونداژ، نقشه هم‌عمق آب منطقه مطابق شکل زیر به دست می‌آید.

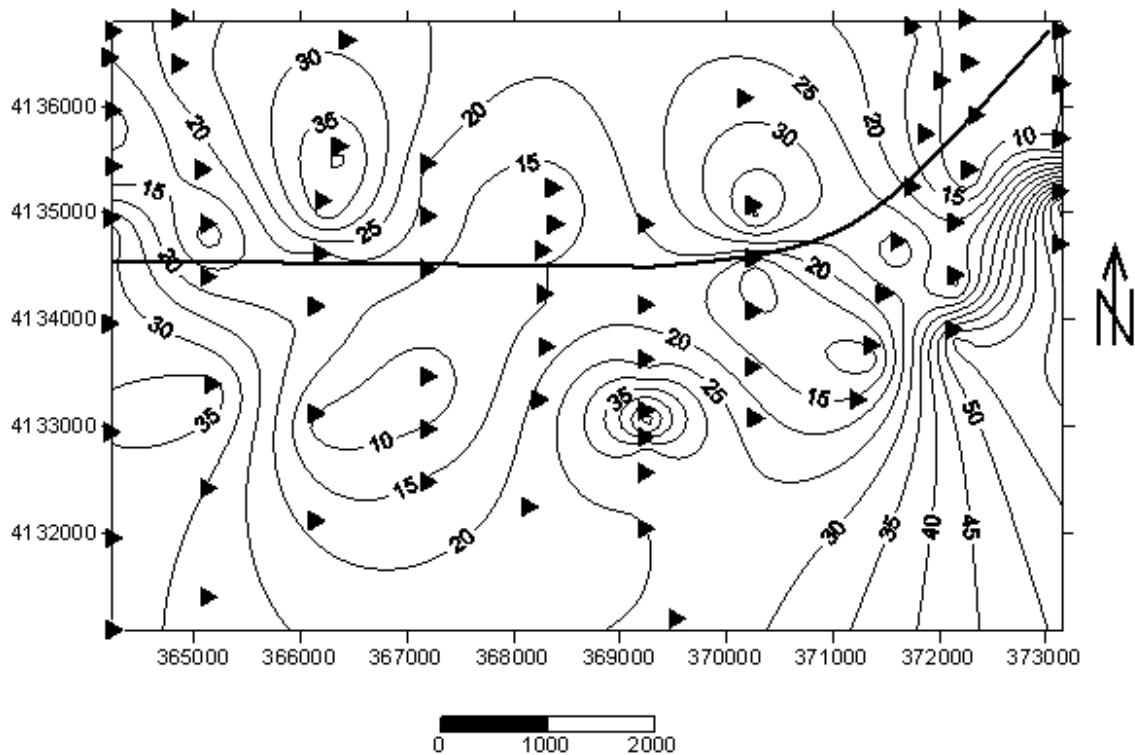
با توجه به این نقشه، متوجه می‌شویم که در شرق و شمال شرق منطقه (به علت وجود ارتفاعات در مجاورت این بخش‌ها)، لایه‌های آبدار عمیق‌تر و در سایر بخش‌های منطقه، این لایه‌ها کم‌عمق‌تر می‌باشند. هر چند عمق آب در بخش‌های شرق و شمال شرق منطقه بیشتر از سایر نواحی است اما با توجه به مرتفع بودن بخش‌های مذکور، می‌توان دریافت که جهت حرکت آب‌های زیرزمینی در این منطقه، از سمت شرق و شمال شرق به سمت غرب آن می‌باشد.



شکل ۳-۱- نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه

### ۳-۶- نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی

در شکل ۳-۲ نقشه هم‌پتانسیل آب منطقه (که با استفاده از نتایج تفسیر یک‌بعدی صورت گرفته بر روی داده‌های حاصل از تمام سونداژها تهیه گردیده است) به همراه مسیر جریان رودخانه دوغ نشان داده شده است. با توجه به این نقشه می‌توان دریافت که در شرق و شمال شرق منطقه مورد مطالعه، لایه‌های آبدار از پتانسیل آبی کمتری برخوردارند. علت این امر، وجود ارتفاعات در مجاورت این بخش‌ها می‌باشد. با حرکت به سمت غرب منطقه، به علت وجود آب‌های سطحی (با توجه به مسیر حرکت رودخانه دوغ)، لایه‌های آبدار حاوی پتانسیل بالا مشاهده می‌شوند.



شکل ۳-۲- نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه

به طور کلی با توجه به شکل‌های ۱-۳ و ۲-۳، می‌توان دریافت که لایه‌های آبدار موجود در قسمت‌های شرق و شمال شرق منطقه دارای عمق بیشتر و لایه‌های آبدار موجود در سایر بخش‌ها (به‌خصوص بخش غربی منطقه) دارای عمق کمتری می‌باشند. با توجه به مسیر حرکت رودخانه دوغ (که از سمت شرق و شمال شرق به سمت غرب منطقه مورد مطالعه است)، این توضیحات مورد تأیید قرار می‌گیرند.

### ۷-۳- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از تفسیر یک‌بعدی منحنی‌های سونداژ الکتریکی و با در نظر گرفتن شکل‌های ۱-۳ و ۲-۳، می‌توان دریافت که در بخش‌های شرق، شمال و شمال شرق منطقه مورد نظر، مقاومت ویژه لایه‌های سطحی بیشتر است و لایه‌های آبدار عمیق‌تر می‌باشند. علت این امر (همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد)، وجود ارتفاعات واقع در نزدیکی بخش‌های مذکور می‌باشد.

در سایر بخش‌های منطقه، مقاومت ویژه لایه‌های سطحی کمتر و دسترسی به لایه‌های آبدار سطحی آسان‌تر است. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، علت کم‌تر بودن مقاومت ویژه لایه‌های سطحی در این بخش‌ها، ضخامت زیاد رسوبات رسی و وجود آب‌های سطحی (با در نظر گرفتن مسیر حرکت رودخانه دوغ) می‌باشد. از سوی دیگر، با توجه به جهت حرکت آب‌های زیرزمینی (که در شکل ۱-۳ توضیح داده شد)، دسترسی به لایه‌های آبدار سطحی در این بخش‌ها آسان‌تر است.

## فصل چهارم

تفسیر کیفی دوبعدی و سه‌بعدی داده‌های صحرائی



#### ۴-۱- مقدمه

یکی از محدودیت‌های روش سونداژزنی مقاومت ویژه، عدم پاسخ مناسب آن به تغییرات افقی مقاومت ویژه الکتریکی در زیر سطح زمین است. با مدل‌سازی دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی، می‌توان تصویر دقیق‌تری 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 زمین‌شناسی، این روش مدل‌سازی، روشی مناسب و منطقی می‌باشد [۷].

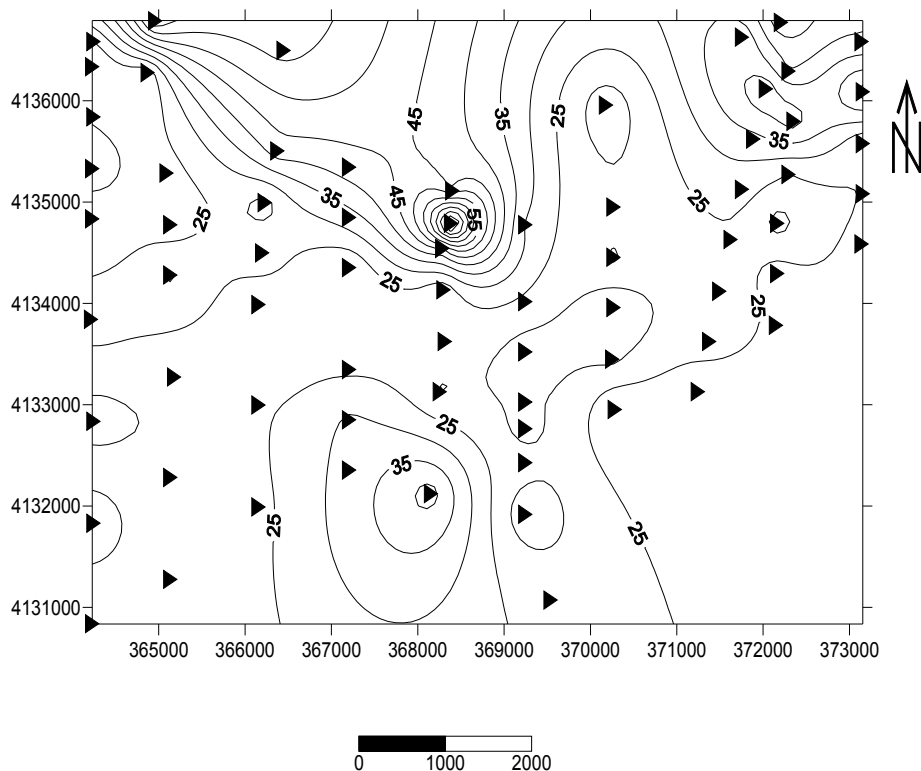
برای تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی، نقشه‌های هم‌مقاومت ویژه ظاهری به ازای طول‌های معین از فاصله الکترودی، با استفاده از نرم‌افزار Surfer تهیه گردیده است. همچنین با استفاده از نرم‌افزار Ipi2win، شبه مقاطع دوبعدی مقاومت ویژه ظاهری، در طول هر پروفیل تهیه شده و مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. در نهایت، به کمک نرم‌افزار Res2dinv، شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری در طول هر پروفیل تهیه گردیده است.

#### ۴-۲- نقشه‌های هم‌مقاومت ویژه ظاهری

به منظور بررسی وضعیت تغییرات مقاومت ویژه ظاهری لایه‌ها در اعماق مختلف، نقشه‌های توزیع مقاومت ویژه ظاهری با استفاده از نرم‌افزار Surfer تهیه شده است. این نقشه‌ها که مشخص‌کننده چگونگی تغییرات مقاومت ویژه ظاهری به ازای طول‌های معین از فاصله الکترودی می‌باشند، تغییرات عمومی مقاومت ویژه الکتریکی در منطقه و در یک عمق معین که با فاصله الکترودی مورد نظر متناسب است را نشان می‌دهند. این نقشه‌ها باید به گونه‌ای تهیه شوند که پاسخگوی ابهامات موجود باشند.

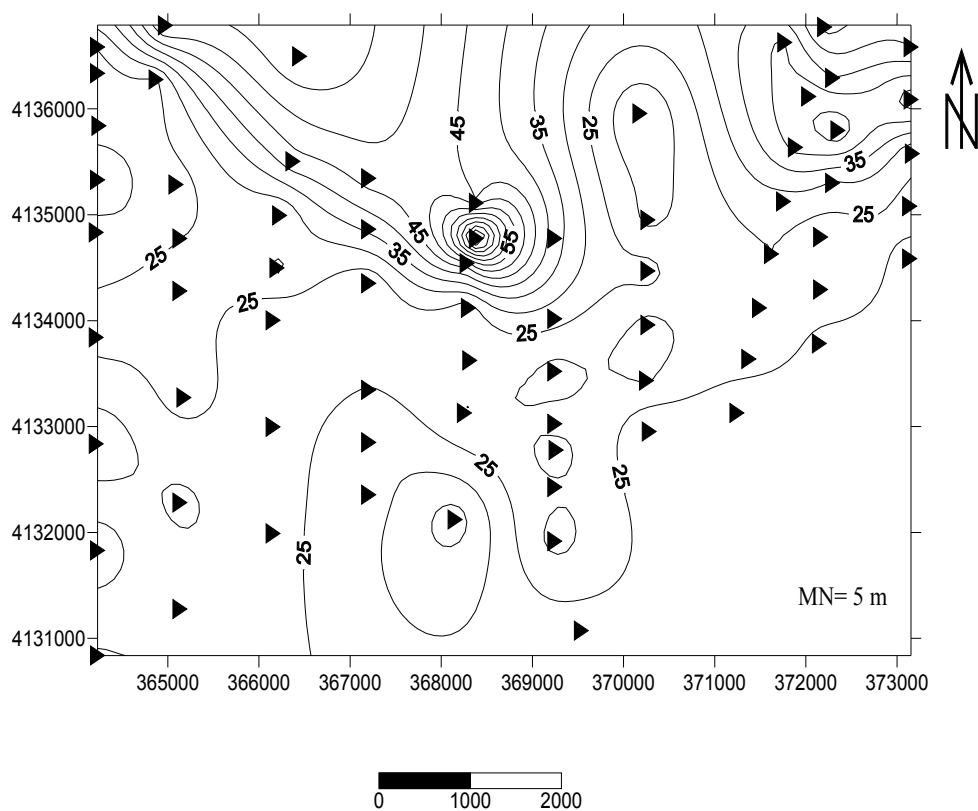
نقشه‌ها یا مقاطع افقی هم‌مقاومت ویژه ظاهری در منطقه مورد مطالعه، برای فواصل الکترودی  $AB/2 = 40, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400, 500$  m در شکل‌های (۱-۴) تا (۴-۱۰) ارائه شده است که به بررسی آنها می‌پردازیم.

همان‌طور که نقشه هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای عمق متناظر با فاصله الکترودی  $AB/2 = 40$  m نشان می‌دهد (شکل ۱-۴)، مقادیر مقاومت ویژه در شمال منطقه نسبتاً بالاست، ولی در بقیه بخش‌های منطقه پایین‌تر است. این پدیده را می‌توان به ضخامت بیشتر سنگ بستر نسبتاً مقاوم در قسمت‌های شمالی و نزدیکی به ارتفاعات واقع در شمال منطقه مورد مطالعه نسبت داد. اما در سایر بخش‌های منطقه هدایت ویژه بالاتر است که دلیل آن وجود رسوبات احتمالاً رسی آبدار در این مناطق می‌باشد.



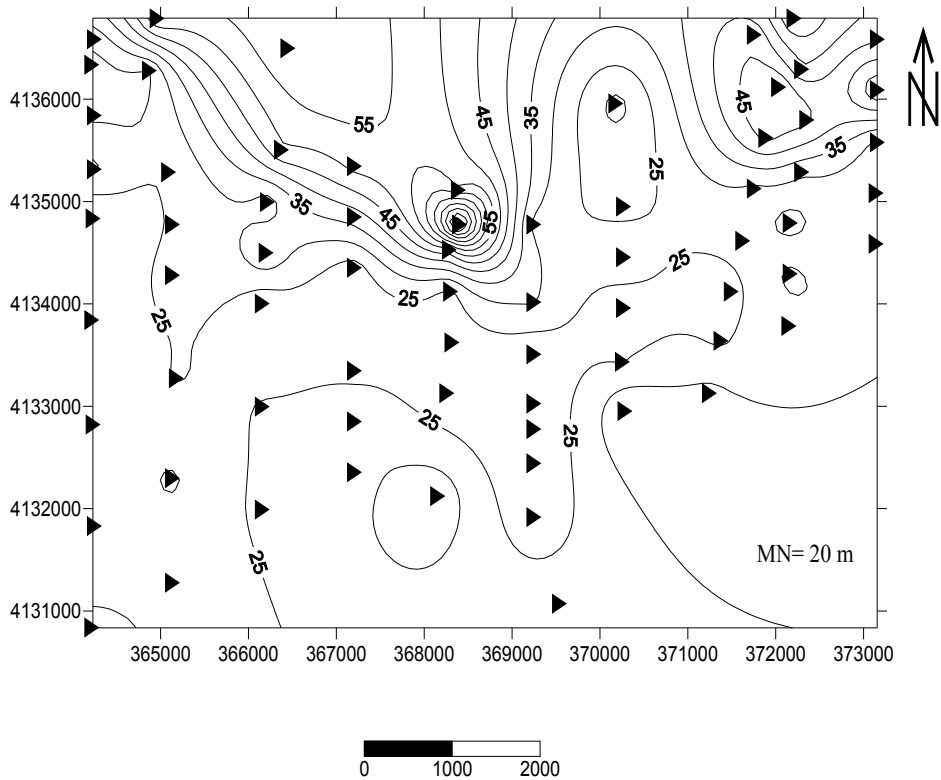
شکل ۱-۴ - نقشه هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 40$  m

تفاوت نسبتاً کم مقاطع هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 50 \text{ m}$  با دو مقدار متفاوت برای  $MN$  (شکل‌های ۲-۴ و ۳-۴)، بیانگر عدم وجود ناهمگنی و یا تغییرات جانبی مقاومت ویژه الکتریکی در عمق متناظر با این فاصله الکترودی در منطقه مورد مطالعه است. در هر صورت، هر دو مقطع نشان‌دهنده زمینی نسبتاً مقاوم در شمال منطقه در افق مورد نظر می‌باشند.



شکل ۲-۴- نقشه هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 50 \text{ m}$

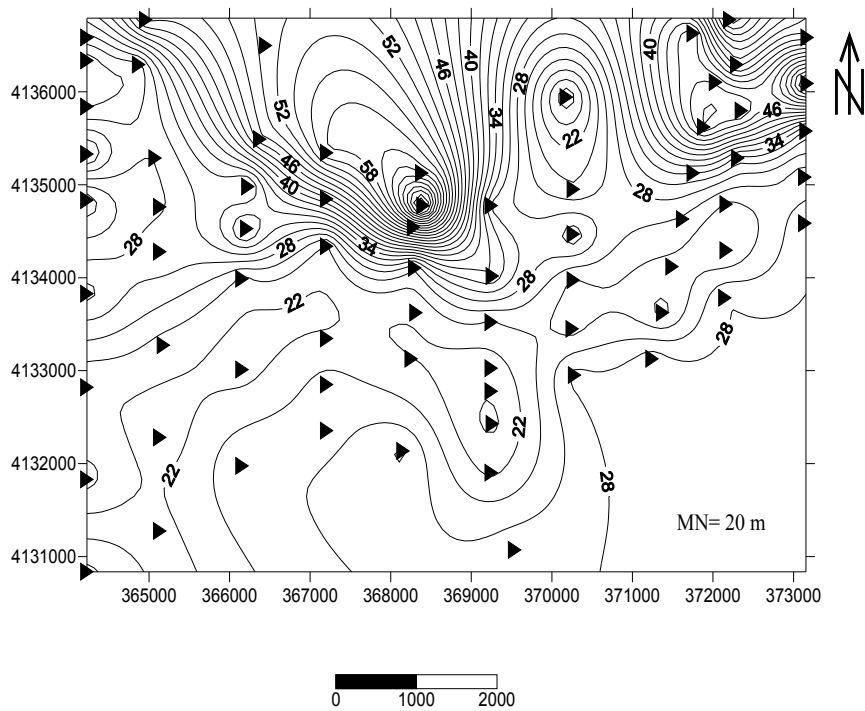
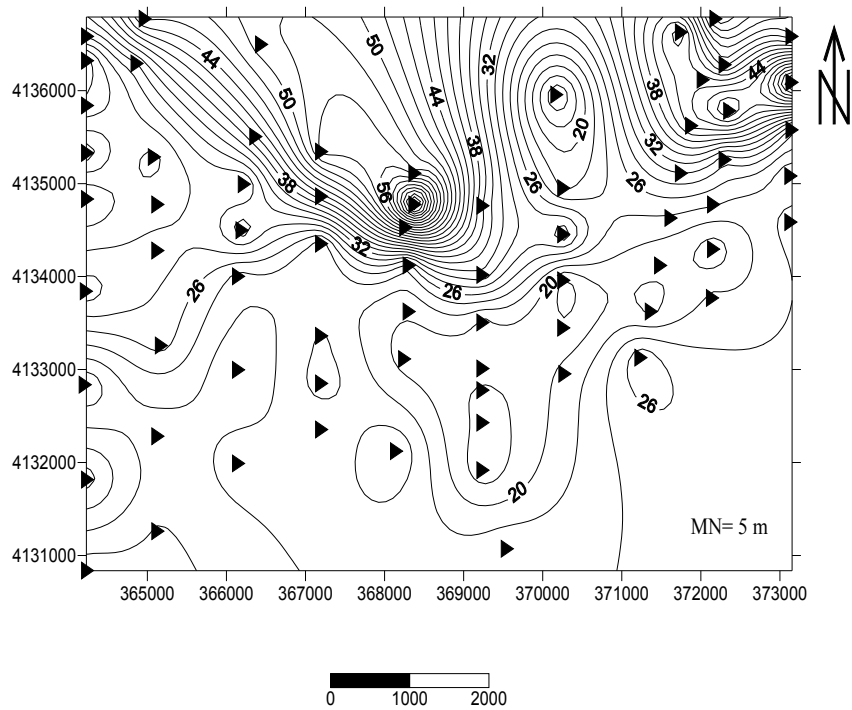
$MN = 5 \text{ m}$



شکل ۴-۳- نقشه هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2= 50\text{ m}$

$MN= 20\text{ m}$

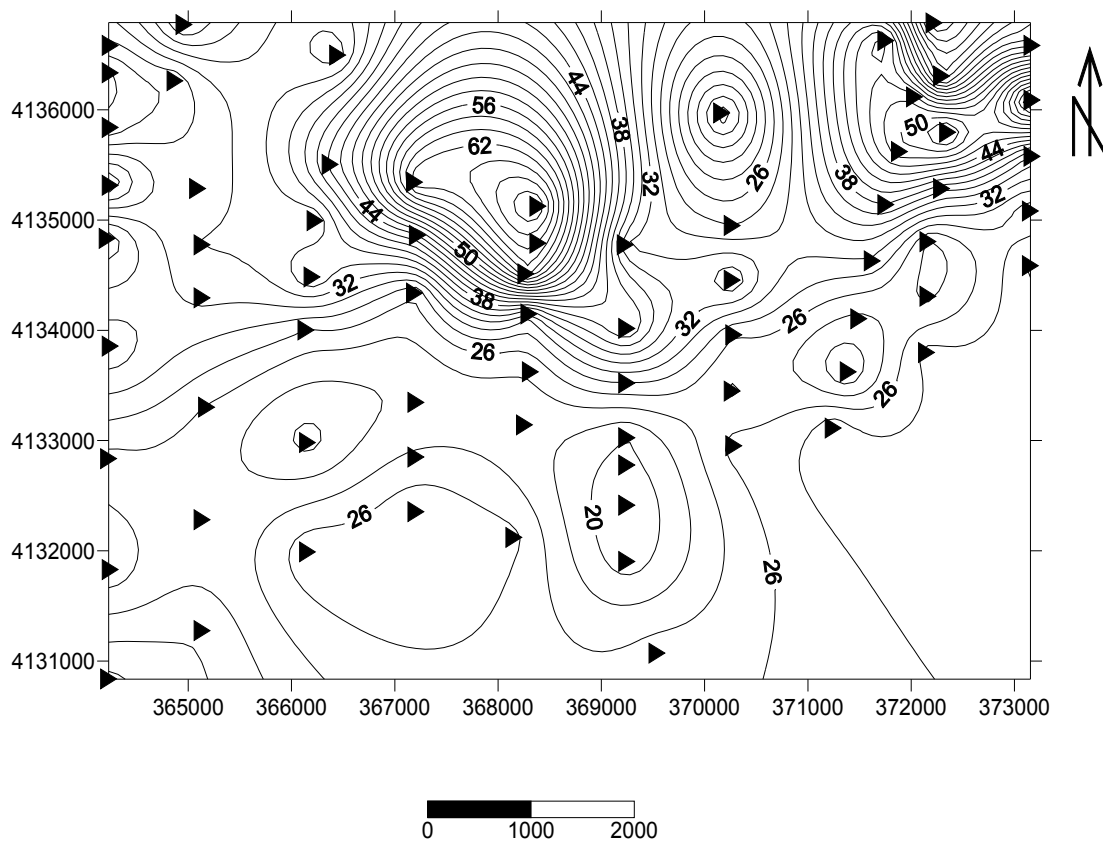
تفاوت نسبتاً کم مقاطع هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2= 70\text{ m}$  با دو مقدار متفاوت برای  $MN$  (شکل ۴-۴)، بیانگر عدم وجود ناهمگنی و یا تغییرات جانبی مقاومت ویژه الکتریکی در عمق متناظر با این فاصله الکترودی در منطقه مورد مطالعه است. نکته قابل توجه، افزایش تدریجی مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی در شمال شرق منطقه می‌باشد. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، این پدیده را می‌توان به ضخامت زیاد سنگ بستر و نزدیکی به ارتفاعات واقع در شمال منطقه مورد مطالعه نسبت داد.



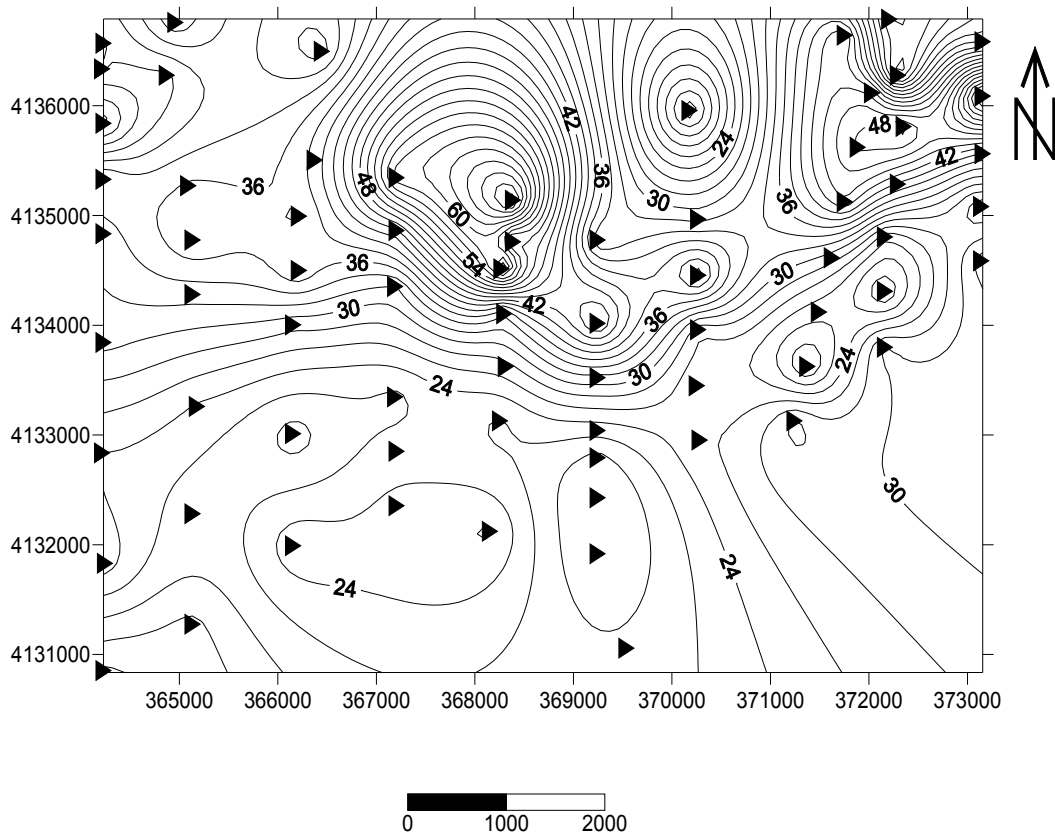
شکل ۴-۴- نقشه‌های هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 70 \text{ m}$  با دو مقدار متفاوت

$MN = 20 \text{ m}$  و  $MN = 5 \text{ m}$

مقاطع هم‌مقاومت ویژه ظاهری متناظر با فواصل الکترودی  $AB/2 = 100, 150 \text{ m}$  (شکل‌های ۴-۵ و ۴-۶) نیز همانند قبل، مقادیر مقاومت ویژه بالایی را در قسمت‌های شمال و شمال شرق منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهند. مقادیر مقاومت ویژه پایین در قسمت‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه را می‌توان به وجود لایه‌های رسی آبدار با هدایت ویژه بالا در این بخش‌ها نسبت داد.

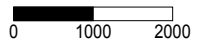
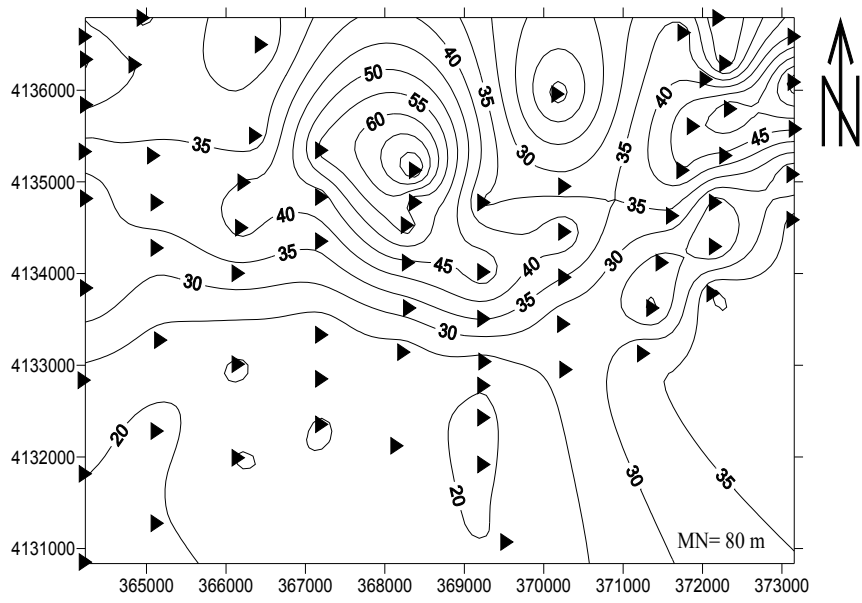
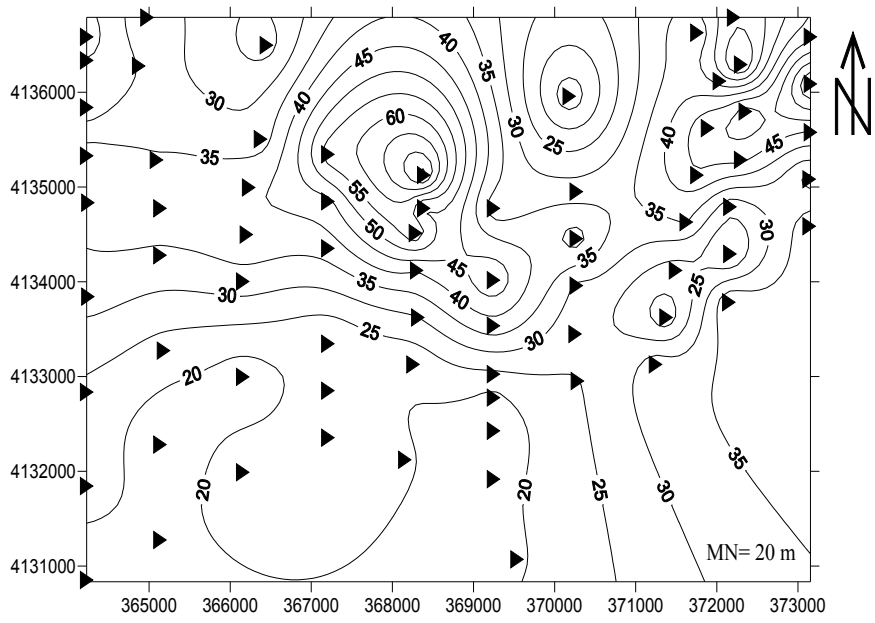


شکل ۴-۵- نقشه هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 100 \text{ m}$



شکل ۴-۶- نقشه هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 150$  m

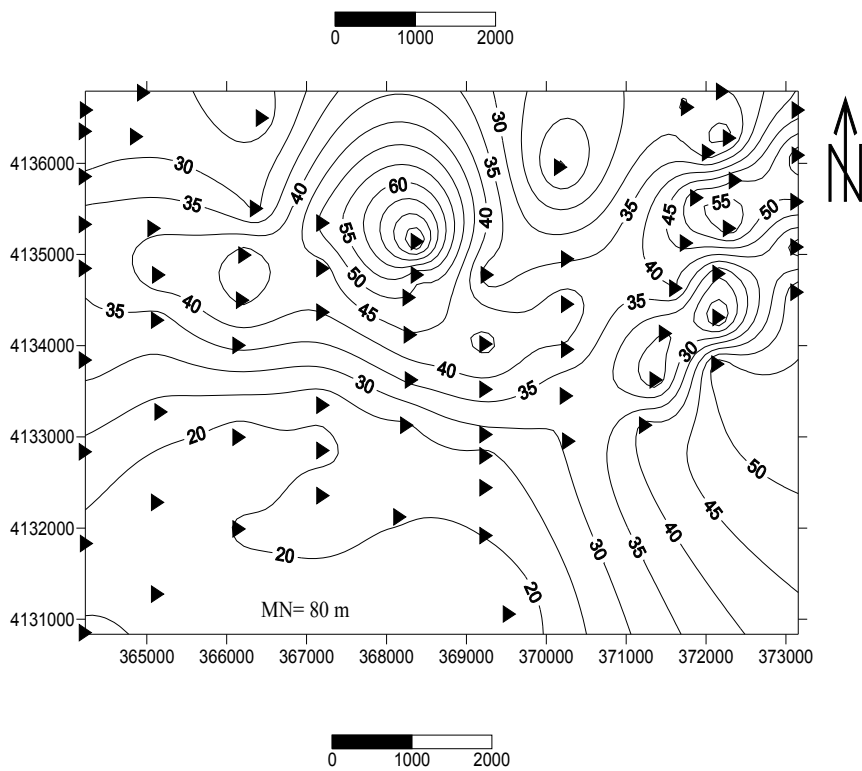
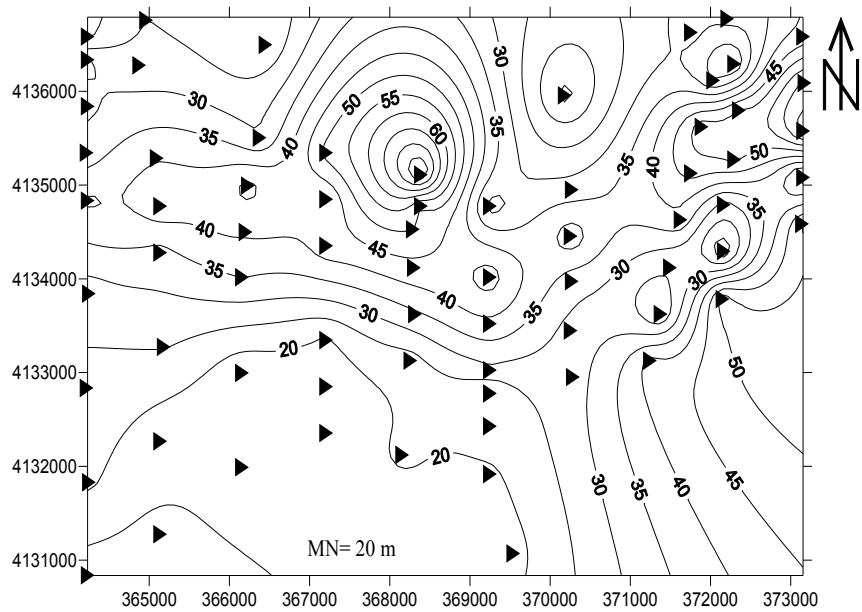
تفاوت نسبتاً کم مقاطع هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فواصل الکترودی  $AB/2 = 200, 300$  m با دو مقدار متفاوت برای MN (شکل‌های ۴-۷ و ۴-۸)، بیانگر عدم وجود ناهمگنی و یا تغییرات جانبی مقاومت ویژه الکتریکی در عمق متناظر با این فواصل الکترودی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در هر صورت، مشابه مقاطع قبلی، هر دو مقطع نشان‌دهنده زمینی نسبتاً مقاوم در شمال و شمال شرق منطقه مورد مطالعه، در افق‌های مورد نظر می‌باشند.



شکل ۴-۷- نقشه‌های هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 200\text{ m}$  با دو مقدار متفاوت

$MN = 80\text{ m}$  و  $MN = 20\text{ m}$

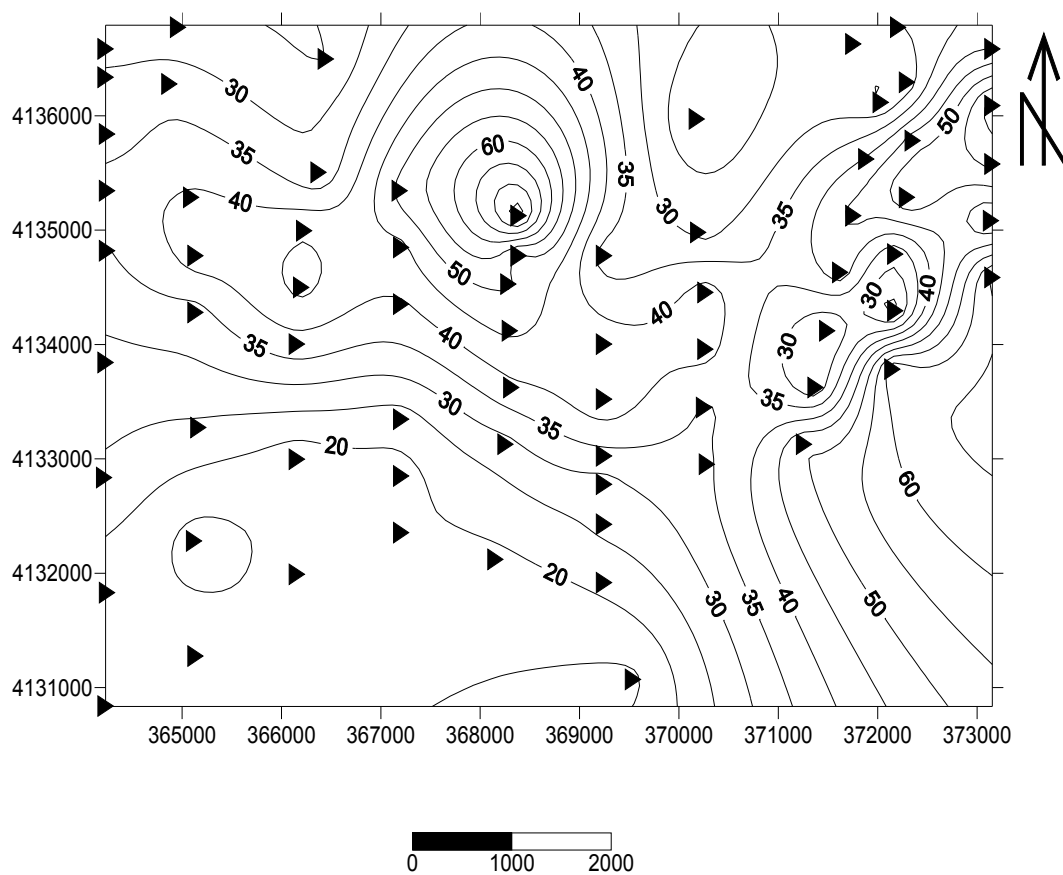




شکل ۴-۸- نقشه‌های هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 300 \text{ m}$  با دو مقدار متفاوت

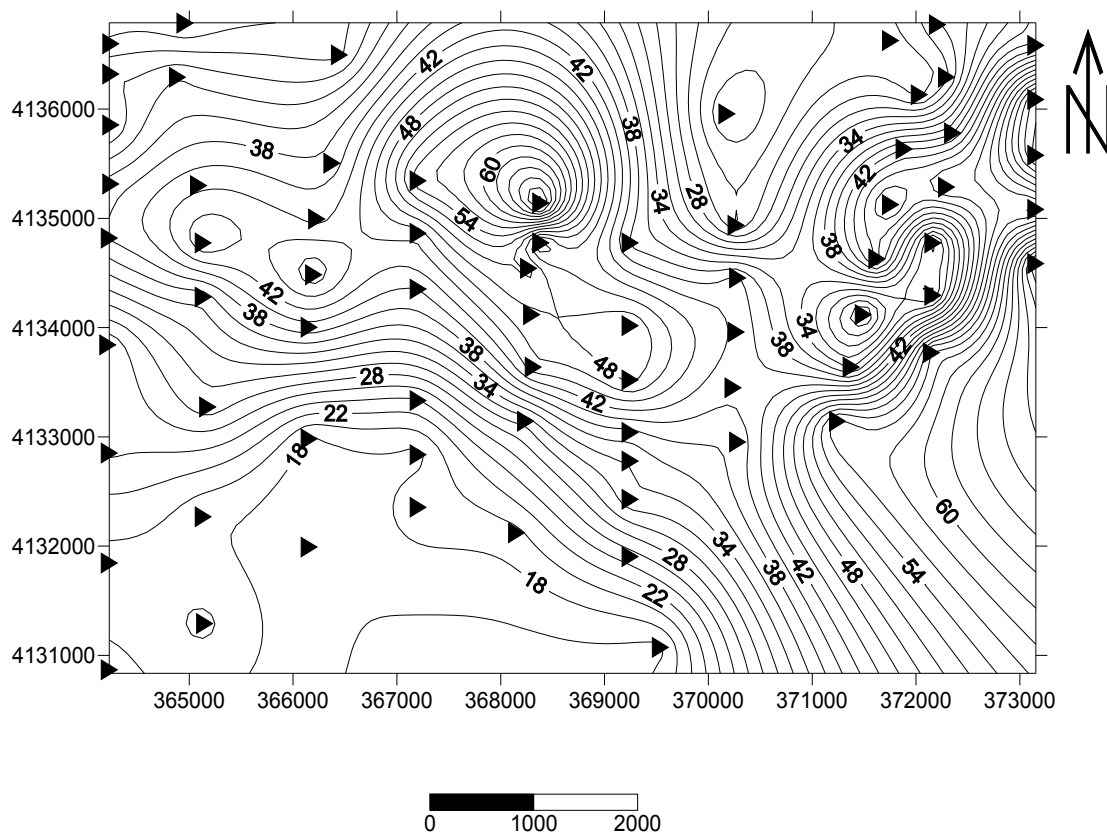
$MN = 80 \text{ m}$  و  $MN = 20 \text{ m}$

همان طور که نقشه هممقاومت ویژه ظاهری برای عمق متناظر با فاصله الکترودی  $AB/2 = 400 \text{ m}$  نشان می‌دهد (شکل ۴-۹)، مقادیر مقاومت ویژه در شمال و شمال شرق منطقه نسبتاً بالاست، ولی این مقدار در بقیه بخش‌های منطقه پایین‌تر است.



شکل ۴-۹- نقشه هممقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 400 \text{ m}$

در نقشه هم‌مقاومت ویژه ظاهری متناظر با فاصله الکترودی  $AB/2 = 500\text{ m}$  (شکل ۴-۱۰)، مقادیر بالای مقاومت ویژه الکتریکی در قسمت‌های شمال، شمال شرق و حتی شرق منطقه مورد مطالعه در افق مورد نظر مشاهده می‌شود. علت این پدیده را می‌توان به افزایش تدریجی مقاومت ویژه الکتریکی با عمق و وجود سنگ بستر نسبتاً مقاوم بخصوص در قسمت‌های شمالی منطقه مورد مطالعه و نزدیکی به ارتفاعات واقع در شمال، شرق و شمال شرق منطقه مورد مطالعه نسبت داد.



شکل ۴-۱۰- نقشه هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی  $AB/2 = 500\text{ m}$

### ۳-۴- نتایج حاصل از تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی با استفاده از

#### نرم‌افزار Ipi2win

نرم‌افزار Ipi2win یک نرم‌افزار قوی و مناسب برای تفسیر و مدل‌سازی داده‌های مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی است که توسط آن می‌توان منحنی‌های سونداژ حاصل از داده‌های به دست آمده با استفاده از آرایش‌های شولمبرژه، ونر، دوقطبی- دوقطبی و قطبی- قطبی را ترسیم نموده و به طور دستی یا اتوماتیک، بهترین منحنی سونداژ تئوری منطبق با آن را به دست آورد. مزیت مهم این نرم‌افزار این است که می‌توان پارامترهای مختلف مدل یا داده‌های ورودی را در حین استفاده از نرم‌افزار، در صفحه مربوط به داده‌های ورودی یا شبه‌مقطع مقاومت ویژه رسم شده، با استفاده از صفحه‌کلید یا موس تغییر داد. به محض اعمال چنین تغییراتی در داده‌های ورودی یا پارامترهای مدل، نتایج تک‌تک تغییرات، در منحنی صحرائی یا مدل به دست آمده، قابل مشاهده و بررسی می‌باشد [۷].

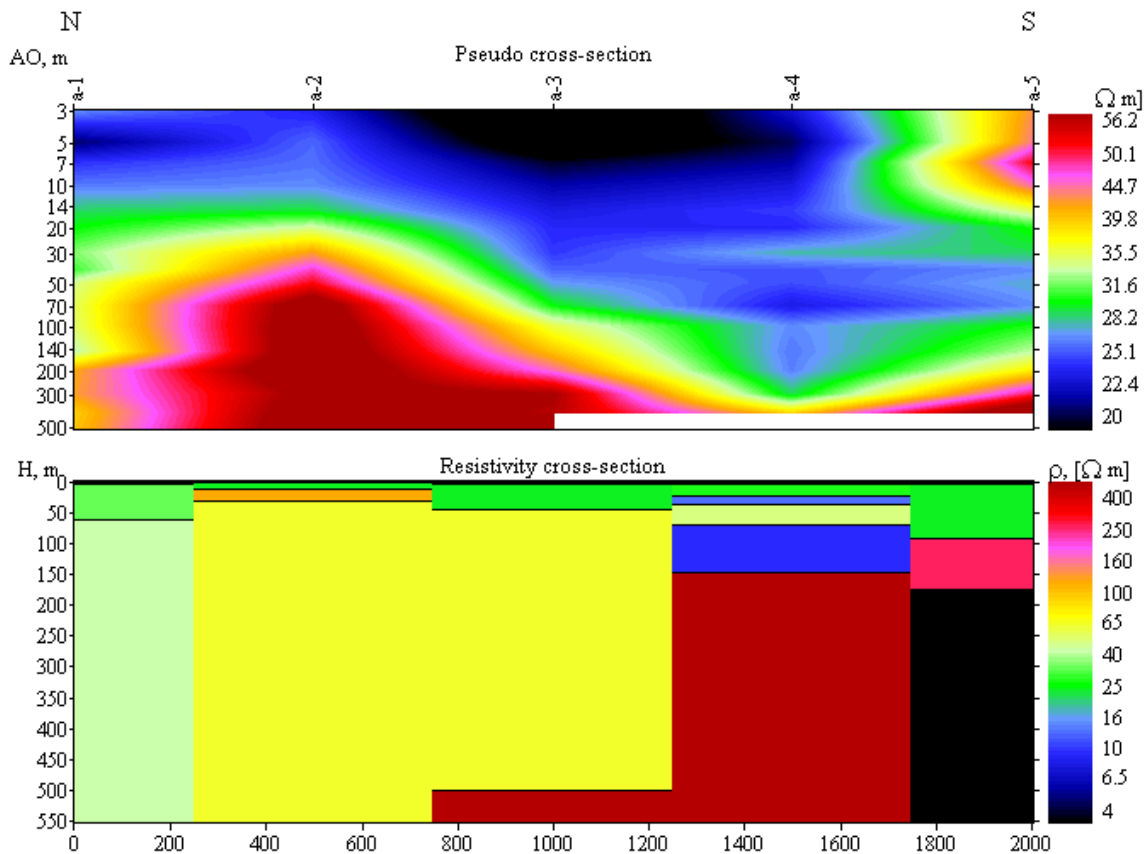
برای هر سونداژ، به طور مجزا مدل‌سازی معکوس صورت گرفته و مدل لایه‌ای زیرسطحی در محدوده سونداژ مذکور، متشکل از ضخامت و مقاومت ویژه لایه‌ها، تعیین گردیده است. سپس مدل‌های به دست آمده از تمام سونداژهای الکتریکی واقع بر روی یک خط برداشت، در کنار هم قرار داده شده و یک مقطع ژئوالکتریکی از مجموع آن‌ها، برای خط برداشت مذکور ایجاد شده است. مهمترین مزیت این نوع مدل‌سازی آن است که تغییرات ضخامت و ترکیب لایه‌ها و همچنین تغییرات ایجاد شده در روند قرارگیری آن‌ها در زیر هر یک از نقاط برداشت، به وضوح قابل مشاهده می‌باشد [۷].

نتایج مدل‌سازی دوبعدی بر روی پروفیل‌های A تا J با استفاده از نرم‌افزار Ipi2win، در شکل‌های

۴-۱۱ تا ۴-۲۰ ارائه شده است که به طور مجزا مورد بحث قرار می‌گیرد.

### ۴-۳-۱- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل A

همان‌طور که در شکل ۴-۱۱ مشاهده می‌شود، در قسمت شمالی این خط برداشت (در محدوده سونداژهای A-1 تا A-3)، مقادیر مقاومت ویژه بیشتر می‌باشد. در زیر سونداژ A-2، ضخامت سنگ بستر و در نتیجه مقادیر مقاومت ویژه لایه‌ها به حداکثر می‌رسد. اما در قسمت جنوبی این خط برداشت (سونداژهای A-4 و A-5)، به علت افزایش ضخامت رسوبات احتمالاً رسی، مقادیر مقاومت ویژه لایه‌ها کاهش می‌یابد.

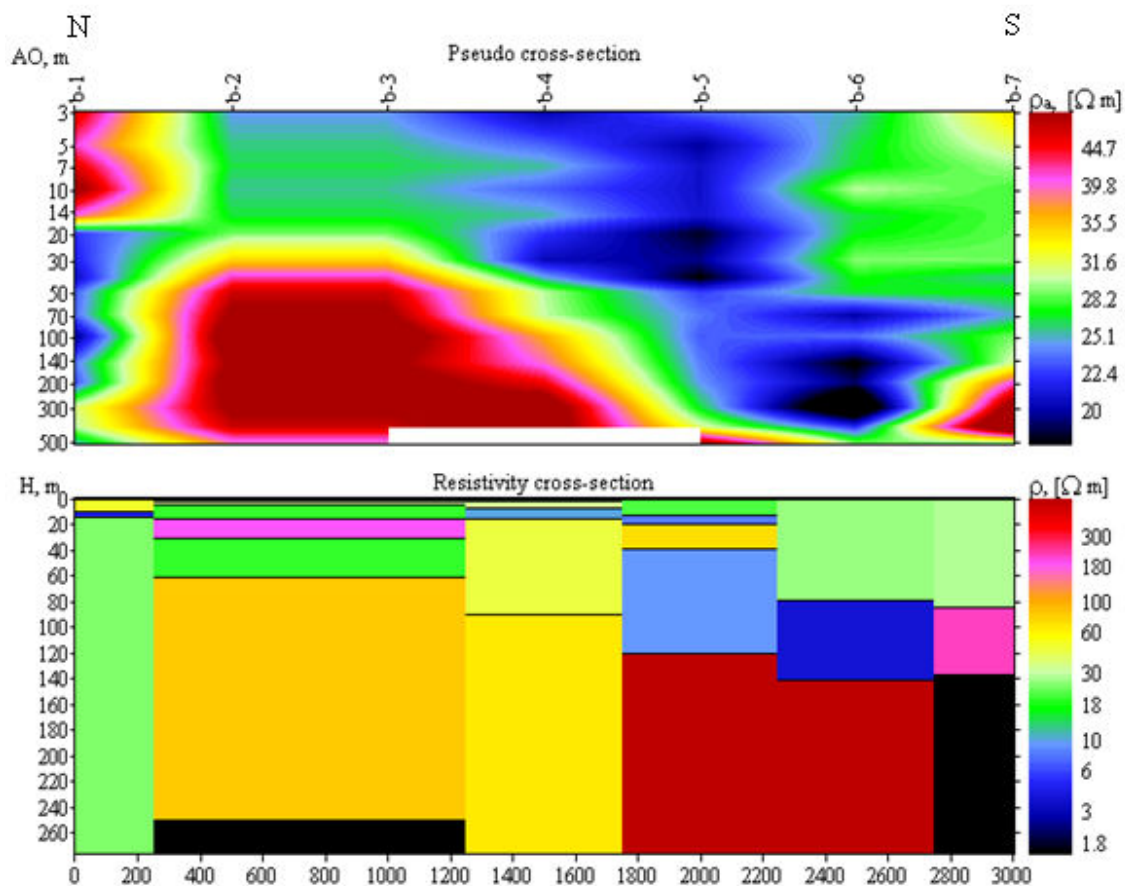


شکل ۴-۱۱- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل A

به طور کلی در امتداد این خط برداشت، در محدوده سونداژهای A-1 تا A-3 و در عمق حدود ۱۰-۱۵ متری، لایه آبداری با ضخامت‌های متفاوت در زیر هر سونداژ، مشاهده می‌شود (جداول ۳-۱ تا ۳-۳). ضخامت این لایه در زیر سونداژ A-1 به بیشترین مقدار خود می‌رسد. در زیر سونداژ A-4، لایه آبداری در عمق تقریبی ۶۸-۷۸ متری قرار دارد که ضخامت آن ۴۵-۵۰ متر برآورد گردیده است. در محدوده سونداژ A-5، لایه‌های مقاوم سطحی و عمقی و میان‌لایه‌های کم مقاومت ویژه احتمالاً رسی مشاهده می‌شوند و بنابراین در زیر این سونداژ، پتانسیل آبی مطلوبی به چشم نمی‌آید. تشخیص دقیق جنس این رسوبات را می‌توان توسط برداشت‌های پلاریزاسیون القایی (IP) انجام داد.

#### ۴-۳-۲- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل B

همان‌طور که در شکل ۴-۱۲ مشاهده می‌شود، در قسمت شمالی این خط برداشت (در محدوده سونداژهای B-2 تا B-4) ضخامت سنگ بستر و در نتیجه مقادیر مقاومت ویژه لایه‌ها، بیشتر می‌باشد. این امر، دسترسی به منابع آبی با پتانسیل مطلوب را در زیر این سونداژها غیر ممکن می‌سازد. ضخامت زیاد رسوبات، بخصوص در قسمت جنوبی این خط برداشت، دسترسی به منابع آبی با پتانسیل مطلوب را در این قسمت، غیر ممکن می‌سازد. با این حال، باید به لایه آبدار موجود در زیر سونداژ B-7، که در عمق تقریبی ۵۵-۶۰ متری قرار دارد و ضخامت آن حدود ۹۰-۱۰۵ متر است، اشاره کرد.

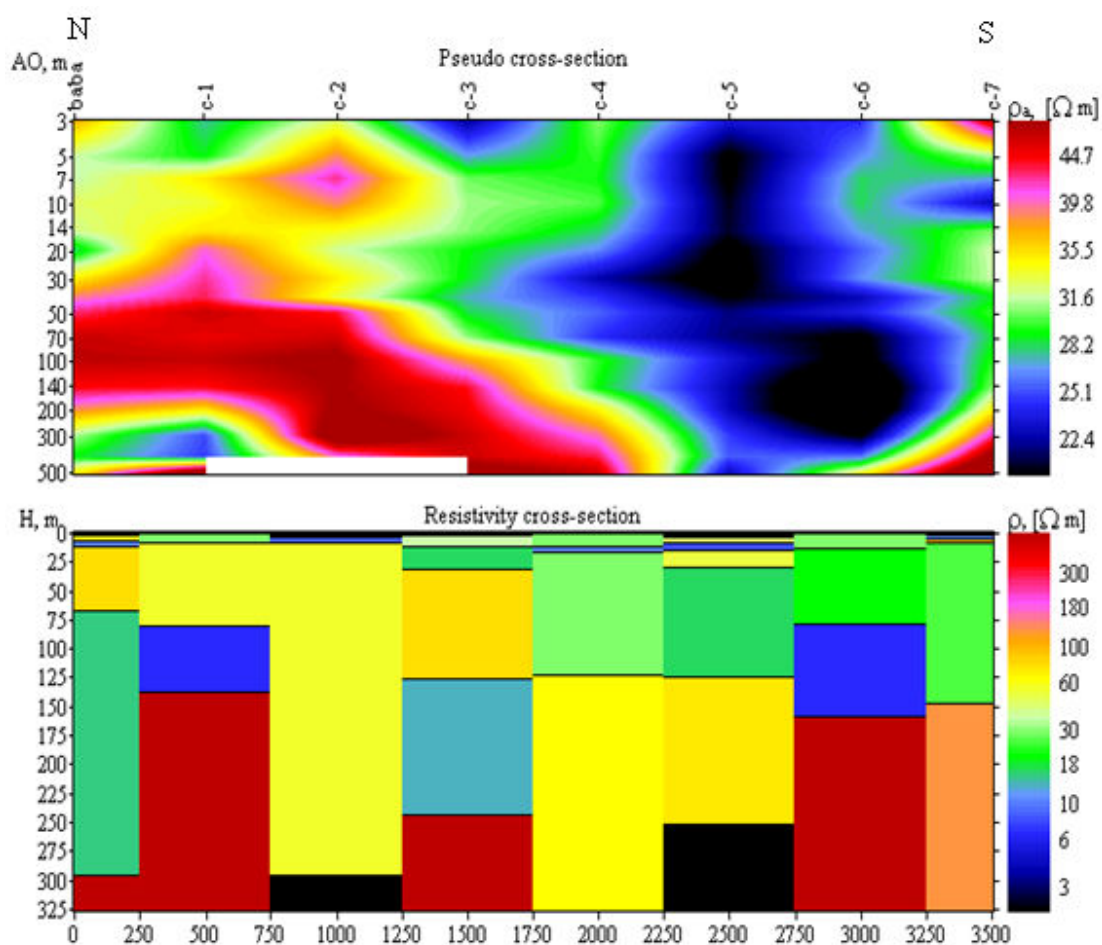


شکل ۴-۱۲- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل B

#### ۴-۳-۳- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل C

همان‌طور که در شکل ۴-۱۳ مشاهده می‌شود، در قسمت شمالی این خط برداشت (در محدوده سونداژهای PRW-BABA تا C-4)، ضخامت سنگ بستر زیاد است و در نتیجه، لایه‌های عمقی موجود در زیر این سونداژ، از مقاومت ویژه بالایی برخوردار می‌باشند. در قسمت جنوبی این خط برداشت و بخصوص در زیر سونداژ C-5، ضخامت رسوبات بسیار زیاد و در نتیجه دسترسی به منابع آبی با پتانسیل مطلوب، غیر ممکن می‌باشد.

بر روی این خط برداشت، می‌توان به لایه‌های آبدار موجود در زیر سونداژهای PRW-BABA، C-4 و C-6 اشاره نمود (جداول ۳-۱۳، ۳-۱۷ و ۳-۱۹). قابل ذکر است که لایه آبدار موجود در زیر سونداژ C-4 که در عمق تقریبی ۳۲-۳۶ متری قرار دارد و ضخامت آن ۱۳۸-۱۴۵ متر برآورد گردیده است، بهترین پتانسیل آبی موجود بر روی این خط برداشت می‌باشد.

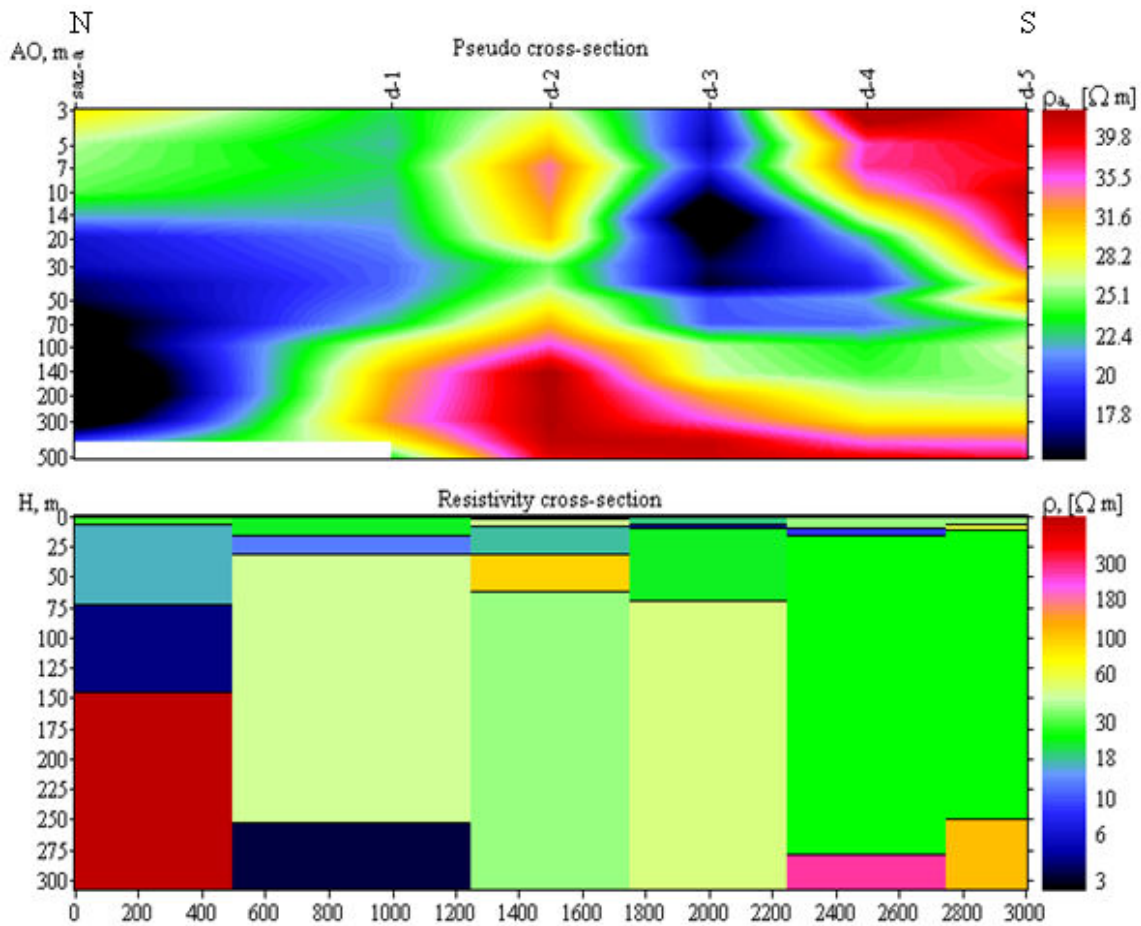


شکل ۴-۱۳- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل C



### ۴-۳-۴- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل D

همان‌طور که در شکل ۴-۱۴ مشاهده می‌شود، در قسمت شمالی این خط برداشت (در زیر سونداژ SAZ-A) و همچنین در زیر سونداژ D-3، ضخامت رسوبات (احتمالاً رسی) زیاد است. این امر، دسترسی به آب با کیفیت مناسب را در زیر سونداژهای مذکور، غیر ممکن می‌سازد. در زیر سونداژهای D-4 و D-5، به علت وجود لایه‌های سطحی مقاوم، دسترسی به لایه‌های آبدار با پتانسیل مطلوب، غیر ممکن است.



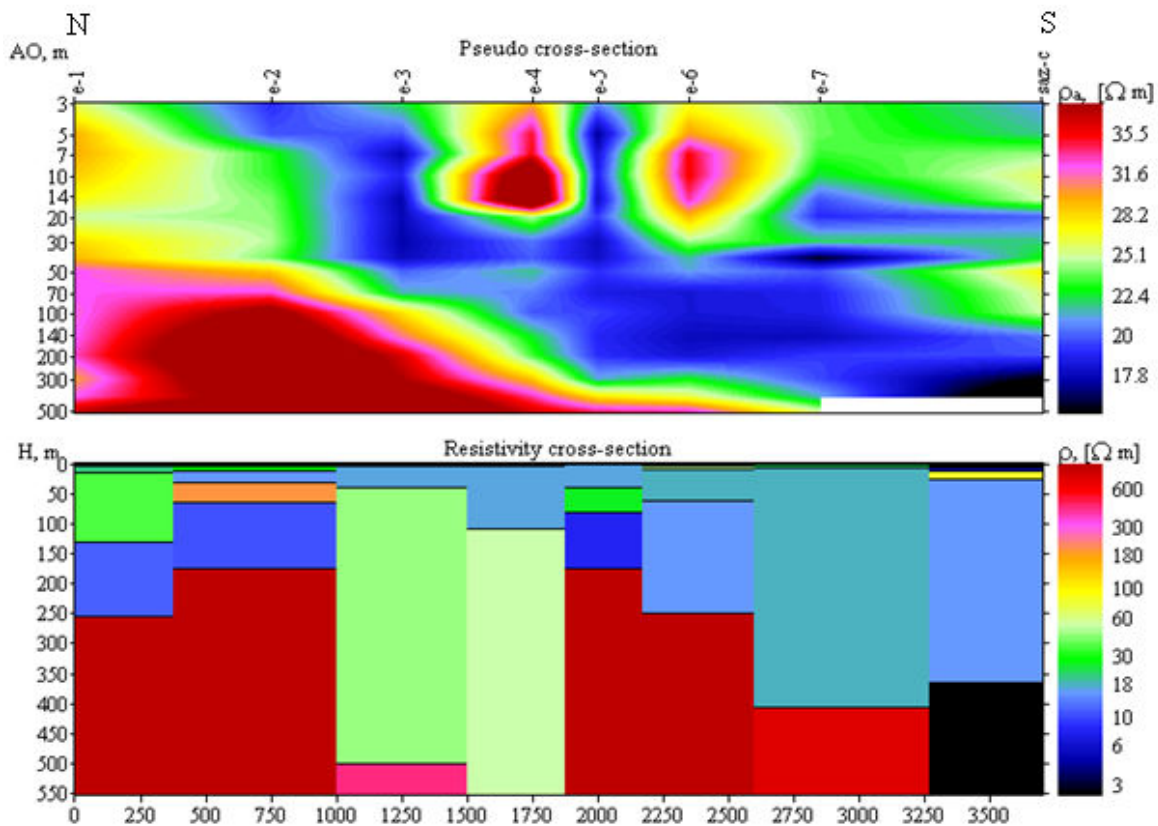
شکل ۴-۱۴- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل D

عمق سنگ بستر در زیر سونداژ D-2، به کمترین مقدار خود می‌رسد و در نتیجه، لایه آبدار موجود در زیر این سونداژ، در عمق ۷-۸ متری قرار دارد. لازم به ذکر است که تنها لایه آبدار با پتانسیل بالا و کیفیت مطلوب بر روی این خط برداشت، در زیر سونداژ D-1 وجود دارد. این لایه در عمق تقریبی ۴۰-۴۳ متری قرار دارد و ضخامت آن ۱۵۰-۱۸۳ متر برآورد گردیده است.

#### ۴-۳-۵- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل E

همان‌طور که در شکل ۴-۱۵ مشاهده می‌شود، با حرکت به سمت شمال این خط برداشت، ضخامت رسوبات افزایش می‌یابد. به علت عمق کم سنگ بستر و در نتیجه مقاومت ویژه بالای لایه‌ها در محدوده سونداژهای E-1 و E-2، دسترسی به لایه‌های آبدار در زیر این سونداژها، غیر ممکن می‌باشد.

در زیر سونداژهای E-3 تا E-5، لایه آبداری با ضخامت و عمق متغیر دیده می‌شود (جداول ۲۹-۳ تا ۳۱-۳). ضخامت زیاد رسوبات در زیر سونداژهای E-6 و E-7، دسترسی به لایه‌های آبدار با کیفیت مطلوب را در این محدوده غیر ممکن می‌سازد. اما در زیر سونداژ SAZ-C، وجود لایه آبداری با ضخامت ۴۲-۴۷ که در عمق تقریبی ۲۳-۲۹ متری قرار دارد، قابل توجه می‌باشد.



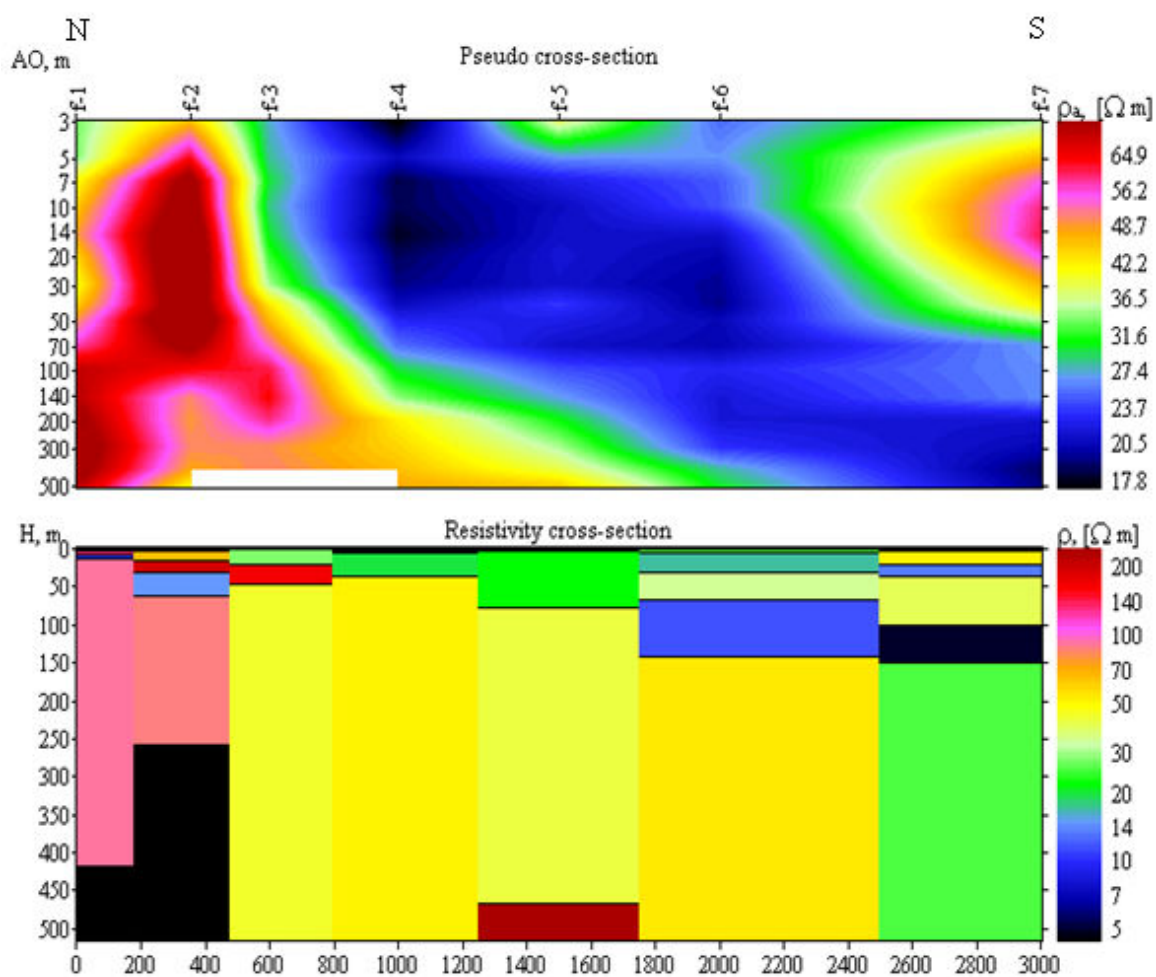
شکل ۴-۱۵- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل E

#### ۴-۳-۶- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل F

همان‌طور که در شکل ۴-۱۶ مشاهده می‌شود، عمق سنگ بستر در زیر سونداژهای F-1 و F-2 به کمترین مقدار خود می‌رسد. این امر، دسترسی به لایه آبدار با پتانسیل مطلوب را در زیر سونداژ F-2 غیر ممکن می‌سازد. اما در زیر سونداژ F-1، وجود لایه آبداری با ضخامت ۲۰-۱۵ که در عمق تقریبی ۱۱-۱۳ متری قرار دارد، جالب توجه می‌باشد.

با حرکت به سمت جنوب این خط برداشت (در محدوده سونداژهای F-3 تا F-7)، ضخامت رسوبات افزایش می‌یابد و در زیر سونداژ F-6، به بیشترین مقدار خود می‌رسد. در زیر سونداژهای F-3 و F-4، لایه

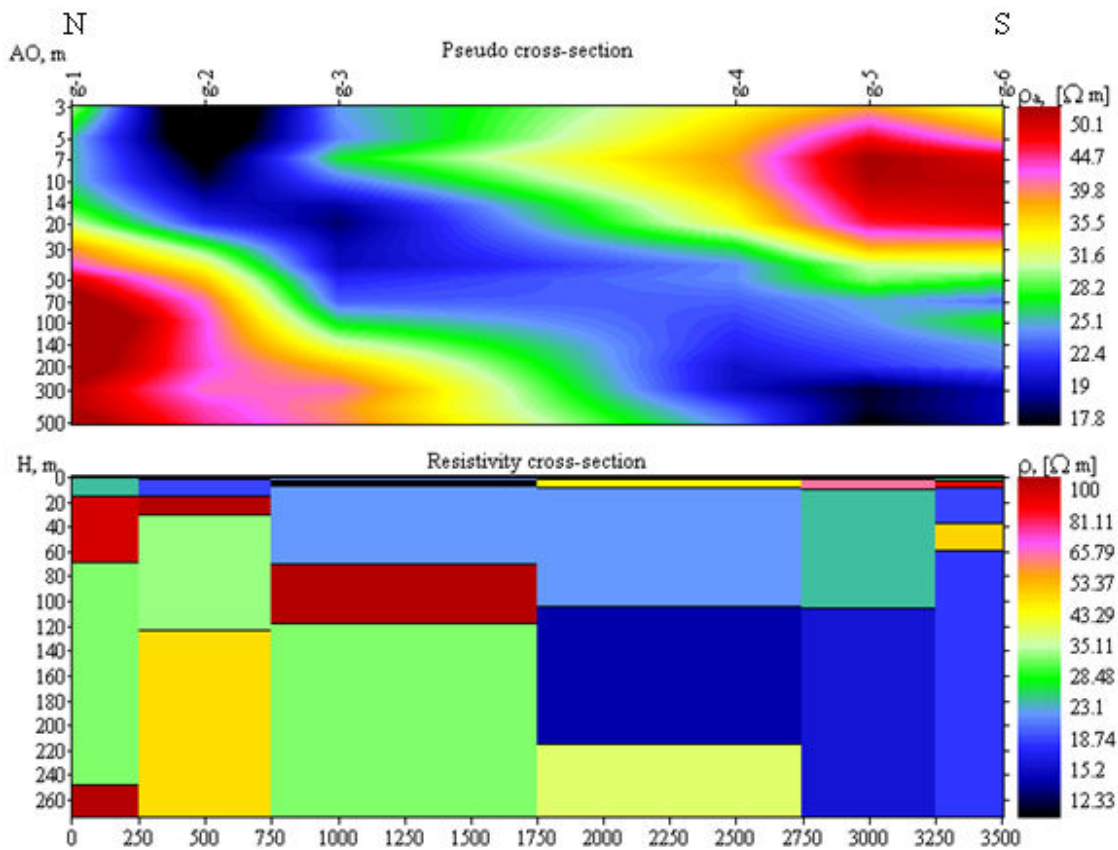
آبداری در عمق تقریبی ۱۵-۲۰ متری وجود دارد. ضخامت این لایه در زیر سونداژ F-3 حدود ۴۵-۵۲ متر و در زیر سونداژ F-4 حدود ۲۵ متر برآورد گردیده است. به علت بالا بودن ضخامت رسوبات در محدوده سونداژهای F-5 تا F-7، دسترسی به لایه‌های آبدار با کیفیت مطلوب در زیر این سونداژها غیر ممکن می‌باشد.



شکل ۴-۱۶- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل F

### ۴-۳-۷- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل G

همان‌طور که در شکل ۴-۱۷ مشاهده می‌شود، عمق سنگ بستر در زیر سونداژهای G-1 و G-2، به کمترین مقدار خود می‌رسد. به این ترتیب، دسترسی به لایه آبدار در زیر سونداژ G-2 غیر ممکن می‌باشد. با این حال، وجود لایه آبداری در زیر سونداژ G-1، که در عمق تقریبی ۲۱-۱۶ متری قرار دارد و ضخامت متوسط آن ۶۶ متر است، جالب توجه می‌باشد. بالا بودن ضخامت رسوبات در محدوده سونداژ G-3، دسترسی به منابع آبی با کیفیت مطلوب را در زیر این سونداژ، غیر ممکن می‌سازد.

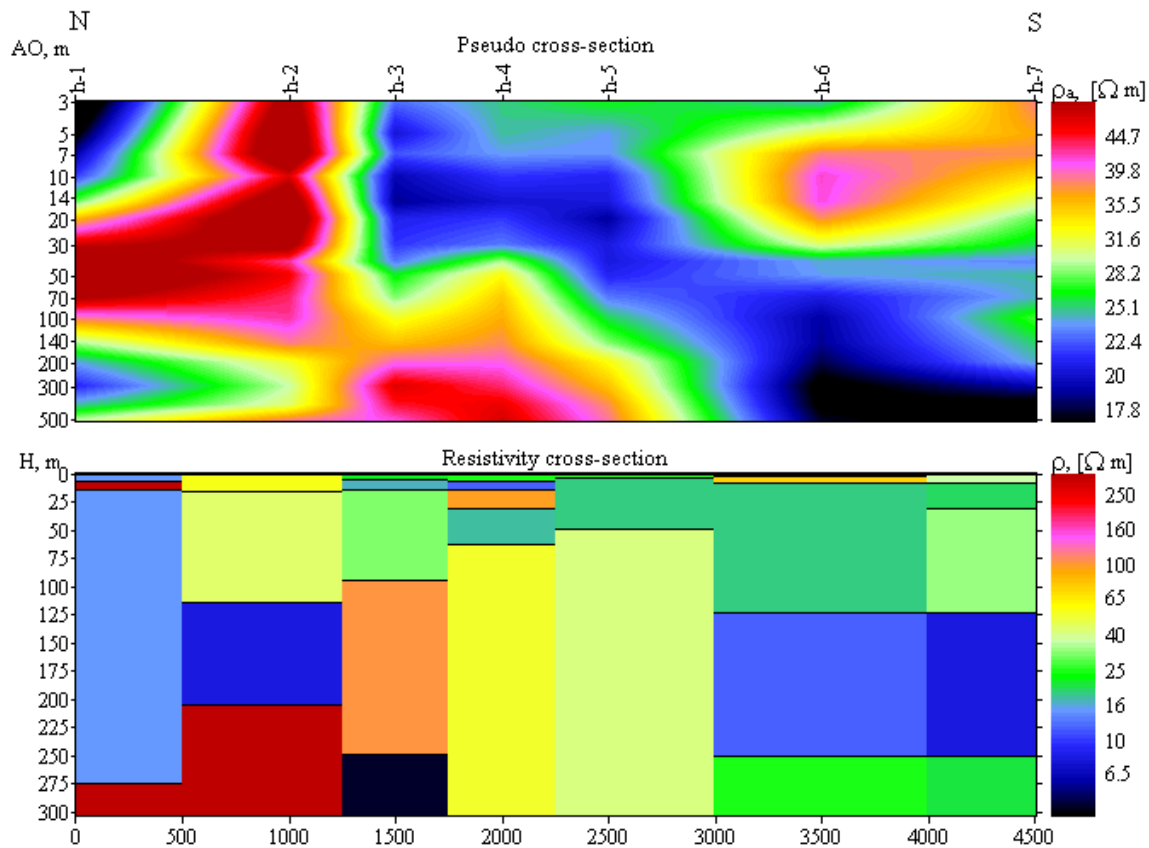


شکل ۴-۱۷- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل G

در زیر سونداژ G-4، لایه آبداری با ضخامت ۹-۱۴ متر، در عمق تقریبی ۶-۸ متری وجود دارد. وجود لایه‌های سطحی مقاوم و لایه‌های عمقی هادی از جنس رسوبات احتمالاً رسی در زیر سونداژ G-5، دسترسی به منابع آبی با کیفیت مطلوب را در محدوده این سونداژ، غیر ممکن می‌سازد. اما در زیر سونداژ G-6، وجود لایه آبداری که در عمق تقریبی ۱۶-۱۹ متری قرار دارد و ضخامت آن ۲۲-۲۹ متر برآورد گردیده است، قابل به ذکر می‌باشد.

#### ۴-۳-۸- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل H

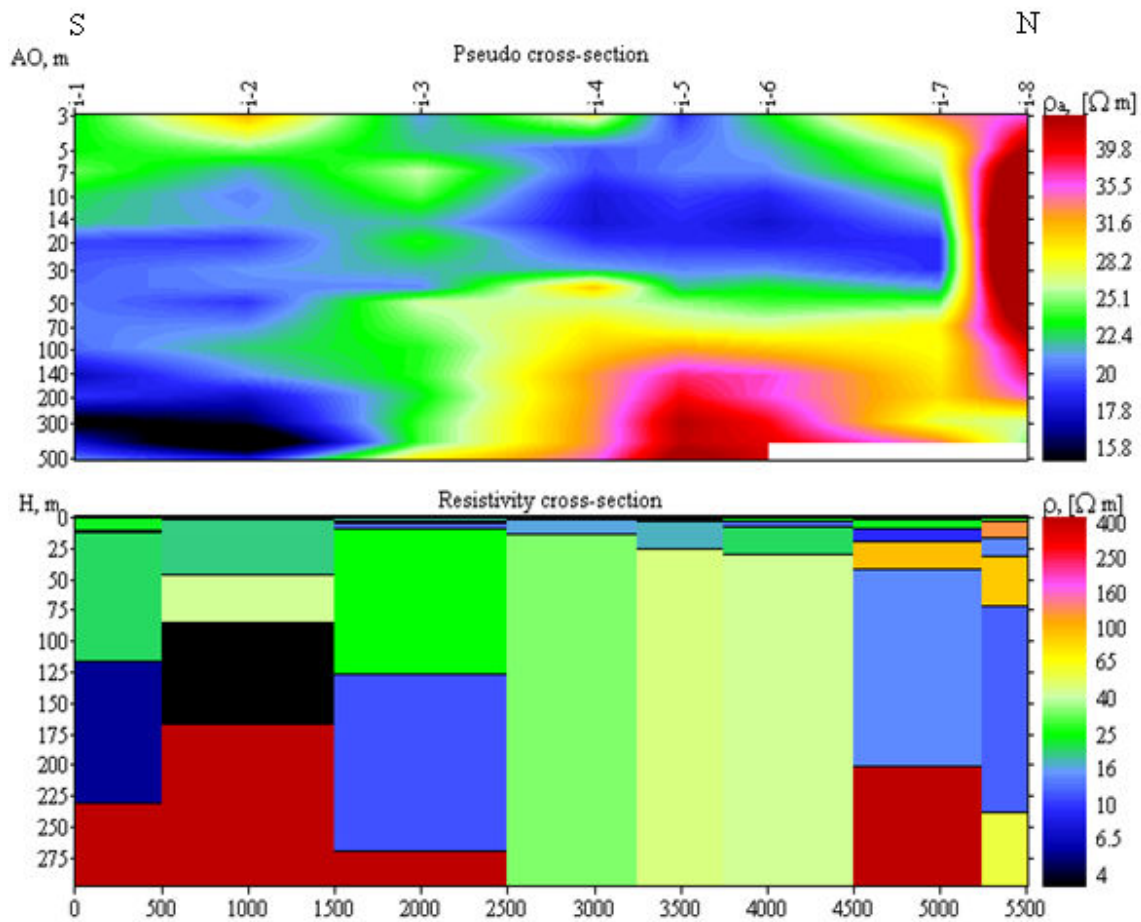
همان‌طور که در شکل ۴-۱۸ مشاهده می‌شود، در قسمت شمال این خط برداشت و در زیر سونداژهای H-1 و H-2، عمق سنگ بستر بسیار کم می‌باشد. با حرکت به سمت جنوب این خط برداشت، ضخامت رسوبات افزایش می‌یابد. به طور کلی بر روی این خط برداشت، لایه آبداری که عمق و ضخامت آن در زیر هر سونداژ متفاوت است (جدول‌های ۳-۴۸ تا ۳-۵۴)، مشاهده می‌شود. قابل به ذکر است که در زیر سونداژهای H-1 و H-7، پتانسیل آبی قابل توجهی (از نظر کمی و کیفی) یافت نمی‌شود.



شکل ۴-۱۸- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل H

### ۴-۳-۹- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل I

همان‌طور که در شکل ۴-۱۹ مشاهده می‌شود، در قسمت‌های جنوبی این خط برداشت (در حد فاصل سونداژهای I-1 تا I-4)، به علت ضخامت زیاد رسوبات احتمالاً رسی، پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی‌شود. البته سونداژ I-3 در این بین مستثنی می‌باشد. در زیر این سونداژ، لایه آبداری با ضخامت ۲۴-۲۸ متر، در عمق تقریبی ۳۴-۴۲ متری وجود دارد.



شکل ۴-۱۹- شبه‌مقطع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل I

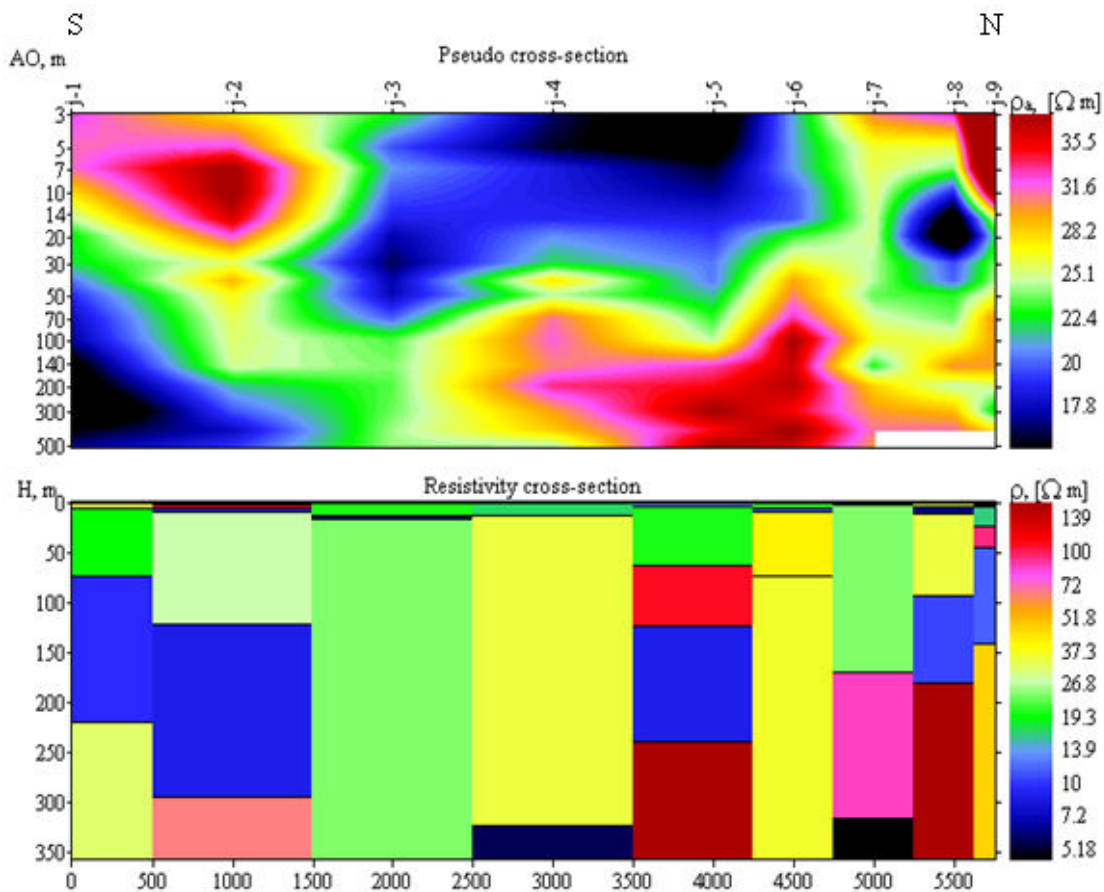
در قسمت‌های شمالی این خط برداشت (در حد فاصل سونداژهای I-5 تا I-7)، لایه آبداری که عمق و ضخامت آن در زیر هر سونداژ متفاوت است (جدول‌های ۳-۵۹ تا ۳-۶۱)، مشاهده می‌شود. در زیر سونداژ I-8 که شمالی‌ترین سونداژ موجود بر روی این خط برداشت می‌باشد، با توجه به وجود لایه‌های سطحی بسیار مقاوم، امکان دسترسی به لایه‌های آبدار وجود ندارد.



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

همان طور که در شکل ۴-۲۰ مشاهده می شود، در قسمت جنوبی این خط برداشت (در زیر سونداژهای J-1، J-2 و J-4)، پتانسیل آبی مطلوبی مشاهده نمی شود. در این قسمت، وجود لایه آبداری در زیر سونداژ J-3، که مشخصات آن در جدول ۳-۶۵ آورده شده است، قابل توجه می باشد.

با حرکت به سمت شمال این خط برداشت (در حد فاصل سونداژهای J-5 تا J-7)، لایه آبداری که عمق و ضخامت آن در زیر هر سونداژ متفاوت است (جدول های ۳-۶۷ تا ۳-۶۹)، مشاهده می شود.



شکل ۴-۲۰- شبه مقطوع و مقطع مقاومت ویژه ظاهری در طول پروفیل J

#### ۴-۴- نتیجه‌گیری از تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی با استفاده از

##### نرم‌افزار Ipi2win

با توجه به نتایج مدل‌سازی دوبعدی بر روی پروفیل‌های A تا J با استفاده از نرم‌افزار Ipi2win، مشخص می‌شود که در قسمت‌های شمالی این خطوط برداشت (به جز خط برداشت D)، مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌های زمین بالاتر است. علت این امر، برآمدگی سنگ کف در این محدوده و نزدیکی به ارتفاعات واقع در شمال، شرق و شمال شرق منطقه مورد نظر می‌باشد.

با حرکت به سمت جنوب خطوط برداشت مذکور، به علت افزایش ضخامت رسوبات رسی و کاهش ابعاد ذرات آن‌ها و وجود آب‌های سطحی، مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌های زمین کاهش می‌یابد.

#### ۴-۵- نتایج حاصل از تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی با استفاده از

##### نرم‌افزار Res2dinv

Res2dinv نرم‌افزاری است که به صورت اتوماتیک، یک مدل مقاومت ویژه دوبعدی برای زیر سطح زمین، با استفاده از داده‌های به دست آمده از برداشت‌های الکتریکی صحرائی ایجاد می‌نماید. این نرم‌افزار، برای مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی، از روش بهینه‌سازی کمترین مربعات<sup>۱</sup> غیرخطی استفاده می‌نماید. از این برنامه برای مدل‌سازی داده‌های حاصل از برداشت به روش‌های ونر، قطبی-قطبی، دوقطبی، ونر-شولمبرژه و دوقطبی-دوقطبی استوایی استفاده می‌شود [۲۴].

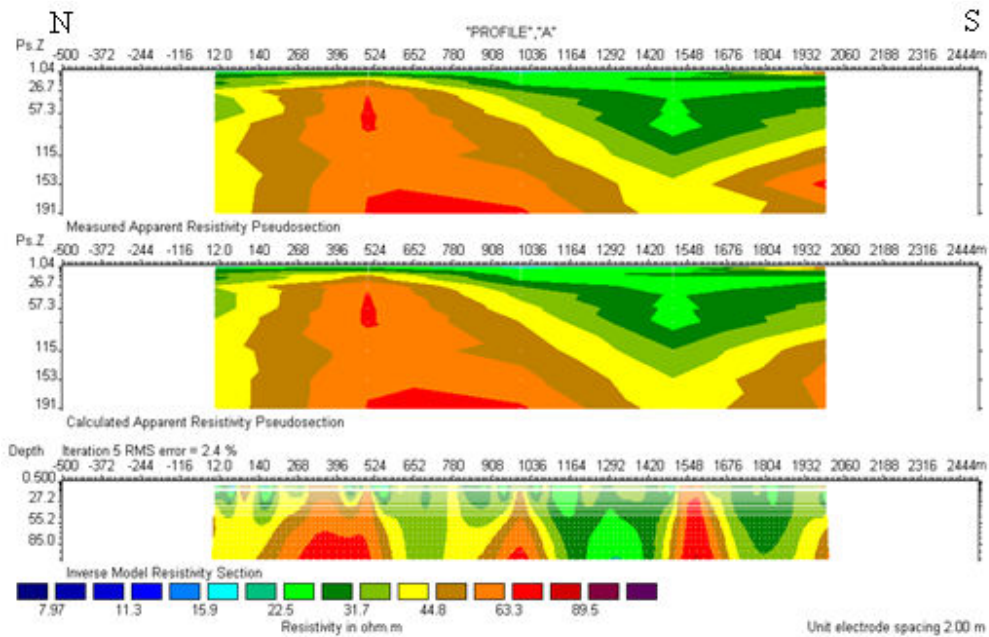
---

<sup>۱</sup> Least Square

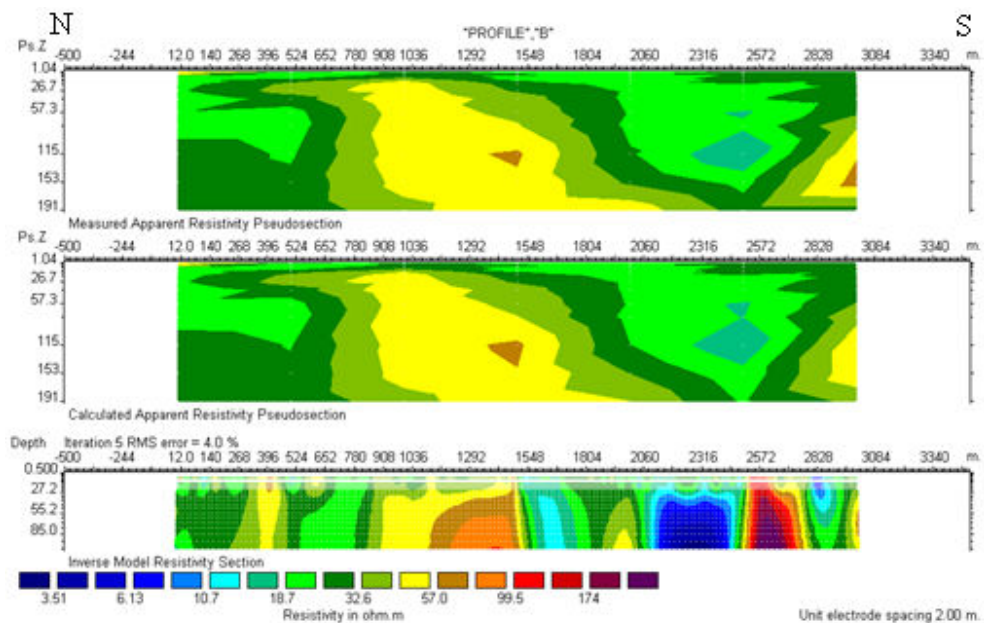
همان‌طور که مشخص است، مقاطع دوبعدی به دست آمده توسط نرم‌افزار Res2dinv (همانند مقاطع تهیه شده توسط نرم‌افزار Ipi2win)، مقادیر بالای مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌های زمین را در شمال و کاهش این مقادیر را با حرکت به سمت جنوب منطقه مطالعاتی تأیید می‌کنند.

از مقایسه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری به دست آمده از این نرم‌افزار با مقاطع به دست آمده توسط نرم‌افزار Ipi2win، مشاهده می‌شود که روند کلی تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی در این دو سری مقاطع، مشابه می‌باشد. اما نتایج بهتر نرم‌افزار Ipi2win، باعث می‌شود تا از تفسیر کمی مقاطع دوبعدی به دست آمده توسط نرم‌افزار Res2dinv خودداری کنیم.

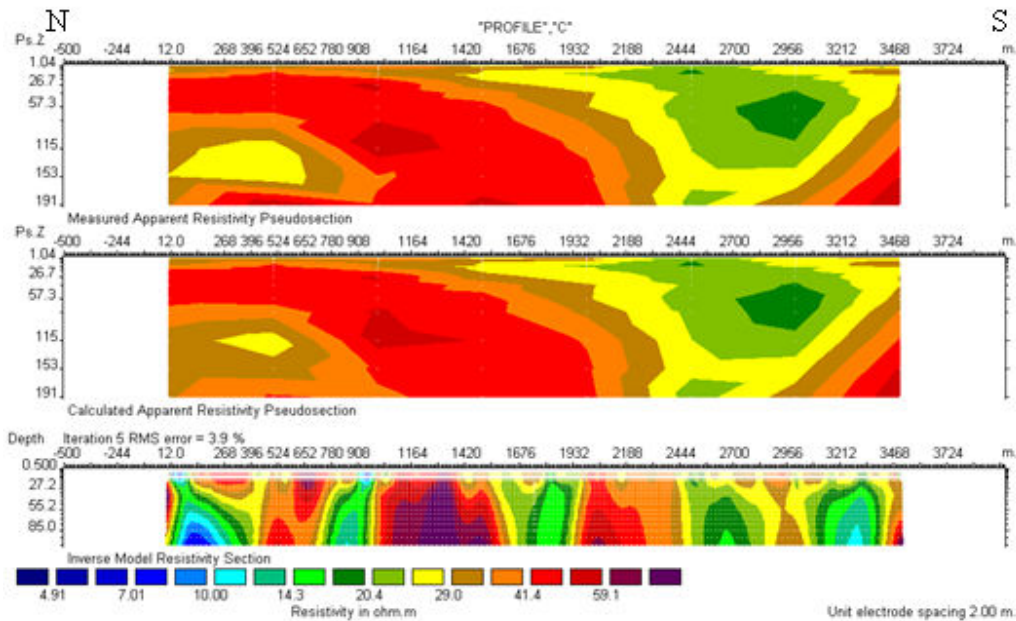
نتایج نهایی حاصل از مدل‌سازی دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی، با استفاده از این نرم‌افزار و با ۵ مرحله تکرار، برای خطوط برداشت A تا J در شکل‌های ۴-۲۱ تا ۴-۳۰ نشان داده شده است. همان‌طور که برای هر خط برداشت مشاهده می‌شود، مراحل متوالی مدل‌سازی بر روی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی توسط این نرم‌افزار، باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در میزان RMSerror می‌شود.



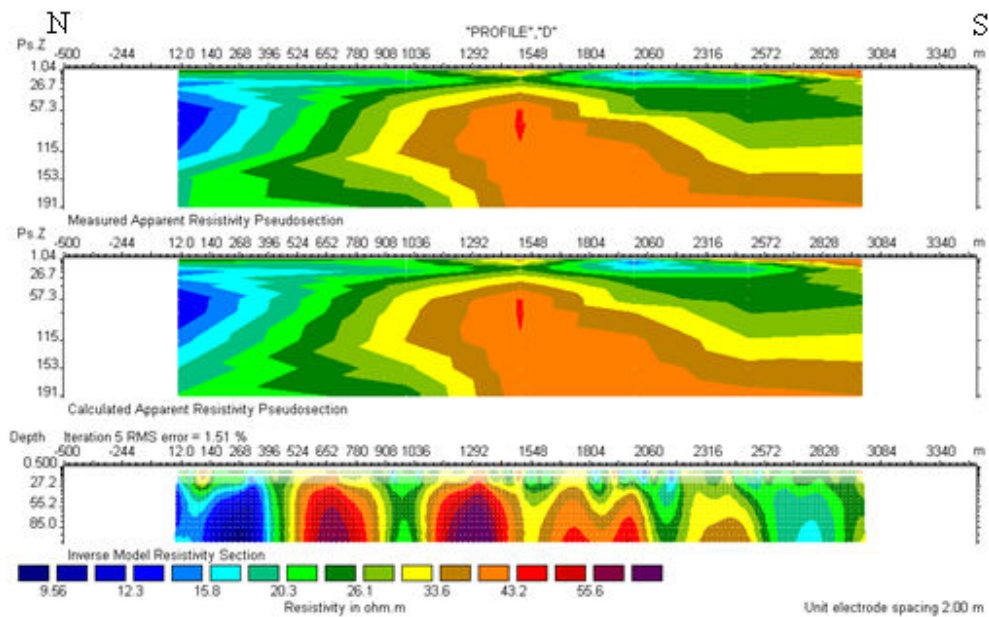
شکل ۴-۲۱- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل A



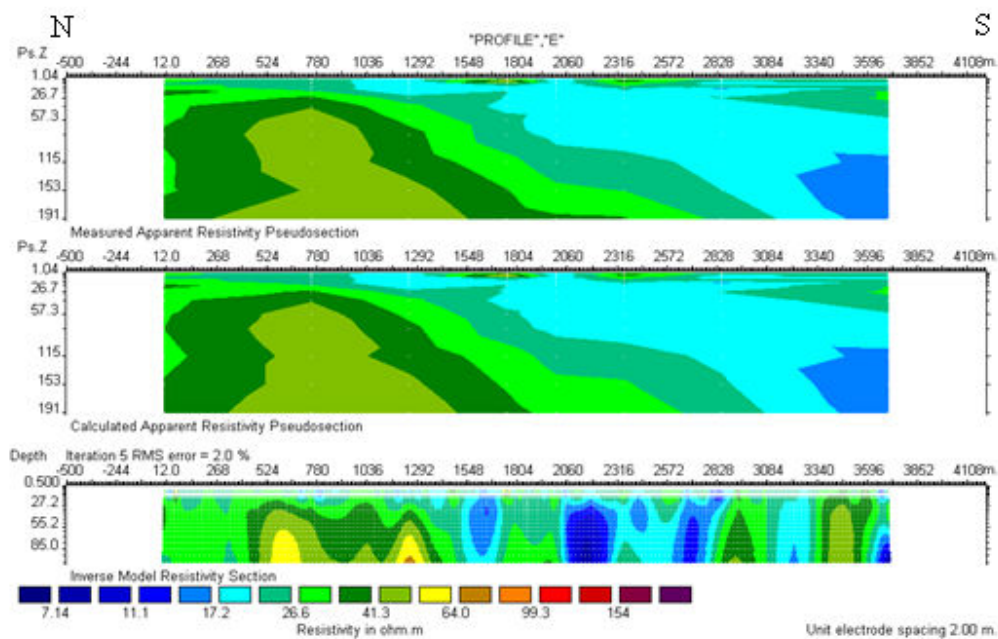
شکل ۴-۲۲- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل B



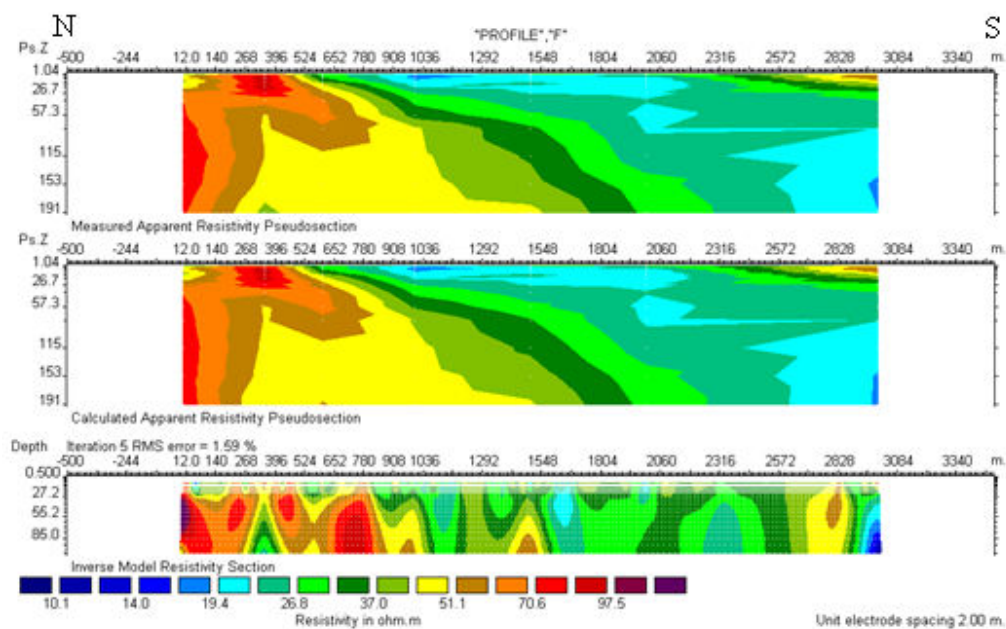
شکل ۴-۲۳- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل C



شکل ۴-۲۴- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل D

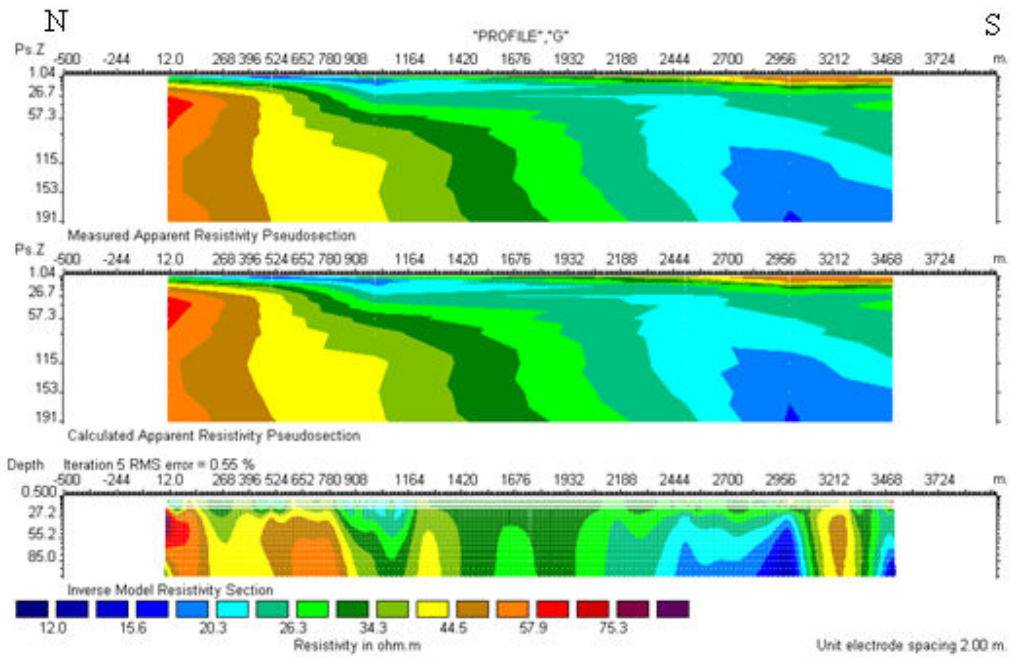


شکل ۴-۲۵- شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل سازی معکوس داده های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل E

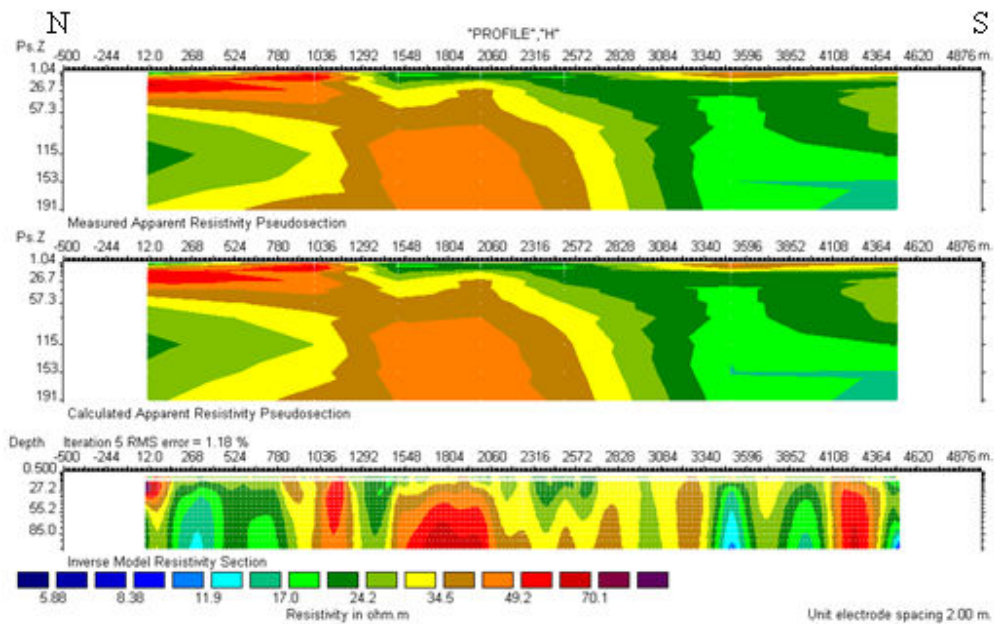


شکل ۴-۲۶- شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل سازی معکوس داده های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل F

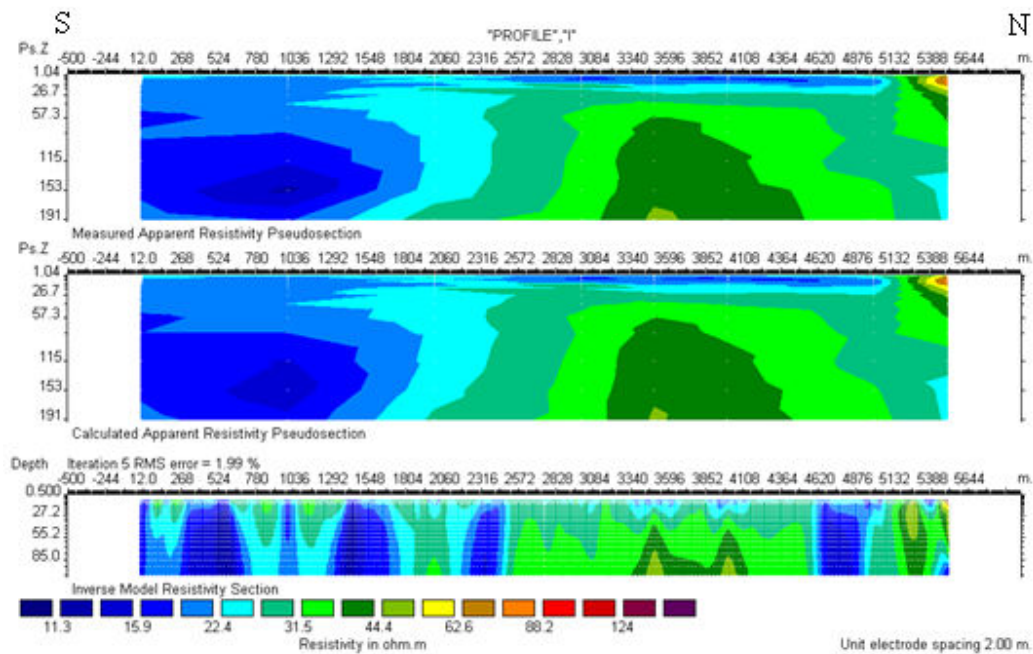




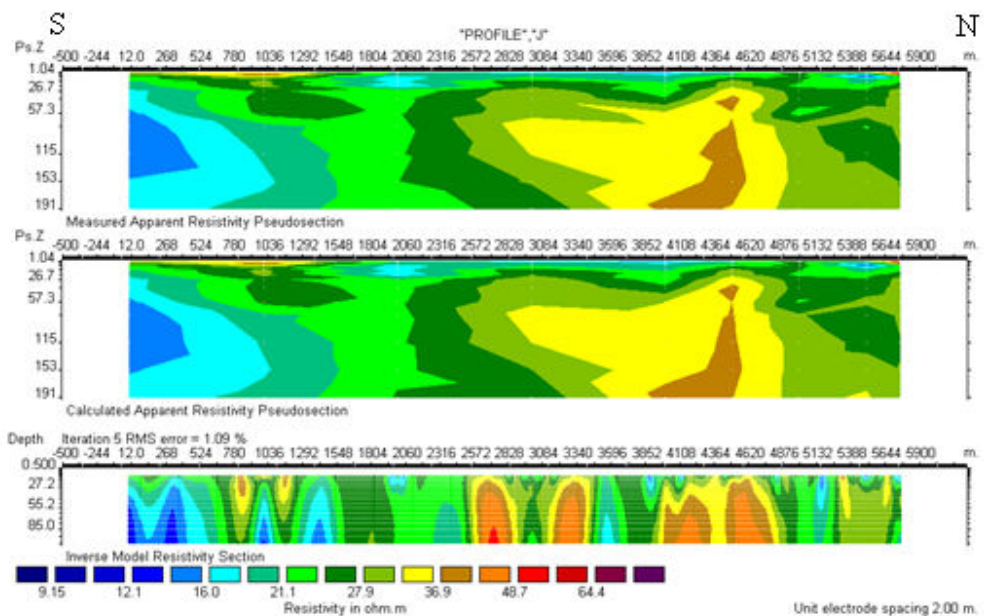
شکل ۴-۲۷- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل G



شکل ۴-۲۸- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل H



شکل ۴-۲۹- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل I

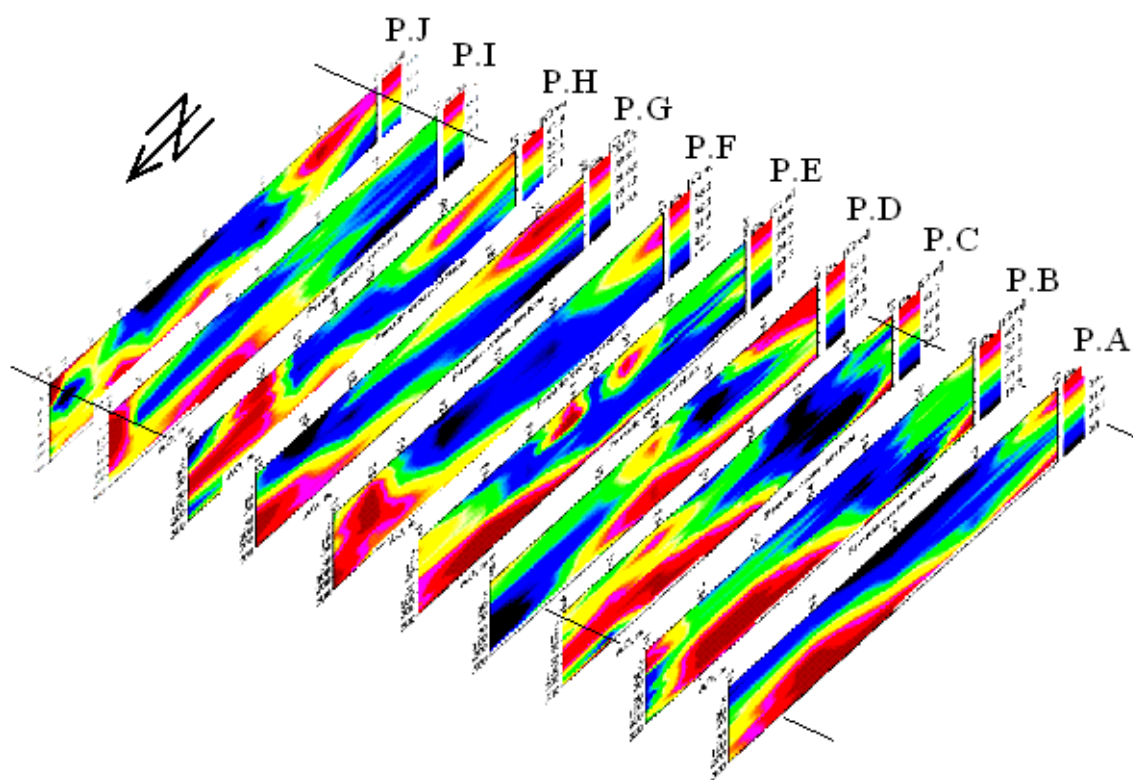


شکل ۴-۳۰- شبه‌مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل J



#### ۴-۶- تفسیر کیفی سه‌بعدی داده‌های صحرایی

در این قسمت، مقاطع دوبعدی به دست آمده توسط نرم‌افزار Ipi2win در کنار هم قرار داده شده‌اند تا یک تصویر سه‌بعدی از تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی در منطقه مورد نظر به دست آید (شکل ۴-۳۱). با توجه به این شکل، مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی در شمال منطقه مورد نظر بیشتر است. علت این امر (همان‌طور که در تفسیر دوبعدی این مقاطع نیز ذکر شد)، برآمدگی سنگ کف و نزدیکی به ارتفاعات واقع در شرق، شمال و شمال شرق منطقه می‌باشد. اما با حرکت به سمت جنوب منطقه (بخصوص در قسمت‌های میانی مقطع سه‌بعدی)، به علت افزایش ضخامت رسوبات رسی و کاهش ابعاد آنها، مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌های زمین کاهش می‌یابد.



شکل ۴-۳۱- مقطع سه‌بعدی تهیه شده از منطقه مطالعاتی با استفاده از ترکیب نتایج مدل‌سازی دوبعدی انجام شده بر روی تمام خطوط برداشت

## فصل پنجم

تعیین ارتباط بین نتایج تفسیر داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی

و پارامترهای هیدرولوژیکی به دست آمده از چاه‌های آب

برای به دست آوردن رابطه همبستگی<sup>۱</sup> بین داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی (به دست آمده از سونداژهای الکتریکی) و پارامترهای هیدرولوژیکی (به دست آمده از چاه‌های آب)، تلاش‌های زیادی صورت گرفته است که به چند نمونه از آن‌ها اشاره می‌شود:

وینسنز<sup>۲</sup> در سال ۱۹۶۸ یک رابطه همبستگی مثبت را بین مقاومت ویژه سطحی اندازه‌گیری شده و میزان آبدهی چاه به دست آورد. ورتینگتون<sup>۳</sup> در سال ۱۹۷۵ یک رابطه همبستگی معکوس را بین فاکتور سازندی تصحیح‌شده و نفوذپذیری بین‌دانه‌ای یک آبخوان محاسبه نمود. آنگماخ<sup>۴</sup> در سال ۱۹۶۹ بین ضرایب گذردهی به دست آمده از ۶ مکان اجرای تست پمپاژ در آبخوان راین<sup>۵</sup> و مقاومت عرضی به دست آمده از آن‌ها همبستگی ایجاد کرد. کرافت<sup>۶</sup> در سال ۱۹۷۱ از داده‌های به دست آمده توسط جونز و بوفورد<sup>۷</sup> 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 [۹].

اسکاراسیا<sup>۸</sup> در سال ۱۹۷۶ از داده‌های سونداژهای مقاومت ویژه الکتریکی، برای تخمین ضریب گذردهی در یکی از آبخوان‌های کشور ایتالیا استفاده کرد. کوسینسکی و کلی<sup>۹</sup> در سال ۱۹۸۱ بین

---

<sup>1</sup> Correlation

<sup>2</sup> Vincenz

<sup>3</sup> Worthington

<sup>4</sup> Ungemach et al

<sup>5</sup> Rhine

<sup>6</sup> Croft

<sup>7</sup> Jones and Bufford

<sup>8</sup> Scarascia

<sup>9</sup> Kosinski and Kelly

داده‌های مقاومت ویژه لایه‌های اشباع از آب و مقادیر هدایت هیدرولیکی به دست آمده از داده‌های تست پمپاژ در جنوب جزیره رد<sup>۱</sup> همبستگی ایجاد کردند. مازاک و لندا<sup>۲</sup> در سال ۱۹۷۹ داده‌هایی از کشور چکسلواکی سابق را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و نتیجه گرفتند که به دست آوردن رابطه‌ای بین ضریب گذردهی آبخوان و مقاومت عرضی و هدایت طولی آن، به دو صورت همبستگی مستقیم و معکوس، ممکن می‌باشد [۹].

در ایران نیز برای به دست آوردن رابطه همبستگی بین داده‌های سونداژ الکتریکی و پارامترهای هیدرولوژیکی، تلاش‌های زیادی صورت گرفته است که به عنوان مثال می‌توان به مقاله آقایان نخعی و لشکری‌پور اشاره کرد. ایشان در این مقاله، با استفاده از داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی و روابط تجربی، میزان تخلخل و آبدهی ویژه را در آبخوان دشت شورو تخمین زده‌اند. در این تحقیق، تعداد ۲۰۷ سونداژ الکتریکی قائم با آرایش الکترودی شولمبرژ در دشت شورو (واقع در ۸۰ کیلومتری جنوب غرب زاهدان) برداشت گردیده و پس از تصحیح، داده‌های صحرایی به کمک نرم‌افزارهای 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 و هم‌مقاومت لایه آبدار و سنگ کف ترسیم و با توجه به نقشه هم‌تراز آب زیرزمینی، جهت حرکت آب و نیز ورودی‌ها و خروجی‌های دشت تعیین گردیده است [۸].

در این پایان‌نامه نیز سعی بر آن است که بین نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی اجرا شده در مجاورت ۳ چاه آب موجود در منطقه مورد مطالعه و پارامترهای هیدرولوژیکی به دست آمده از این چاه‌ها (از قبیل TDS و EC) رابطه‌ای ایجاد شود. برای ایجاد رابطه مذکور، همان‌طور که قبلاً نیز

---

<sup>1</sup> Rhode Island

<sup>2</sup> Mazáč and landa

ذکر شد، از روش آماری رگرسیون استفاده می‌شود. 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 متغیر می‌باشد. معادله خط رگرسیون به صورت زیر می‌باشد:

$$Y = a + bX \quad (۱-۵)$$

در این رابطه  $b$  شیب خط رگرسیون و  $a$  عرض از مبدأ حاصل از برخورد خط رگرسیون با محور  $Y$  می‌باشد. این دو پارامتر توسط روابط زیر تعیین می‌شوند:

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

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

در این روابط  $X$  و  $Y$  دو متغیر،  $N$  تعداد متغیرها یا المان‌ها،  $\Sigma XY$  مجموع حاصل ضرب دو متغیر،  $\Sigma X^2$  جمع مقادیر متغیر اول،  $\Sigma Y$  جمع مقادیر متغیر دوم و  $\Sigma X$  جمع مربعات مقادیر متغیر اول می‌باشند.

مقدار ضریب همبستگی<sup>۱</sup> بین دو متغیر  $X$  و  $Y$  از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$r = \frac{\Sigma(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2 \Sigma(y-\bar{y})^2}} \quad (۴-۵)$$

---

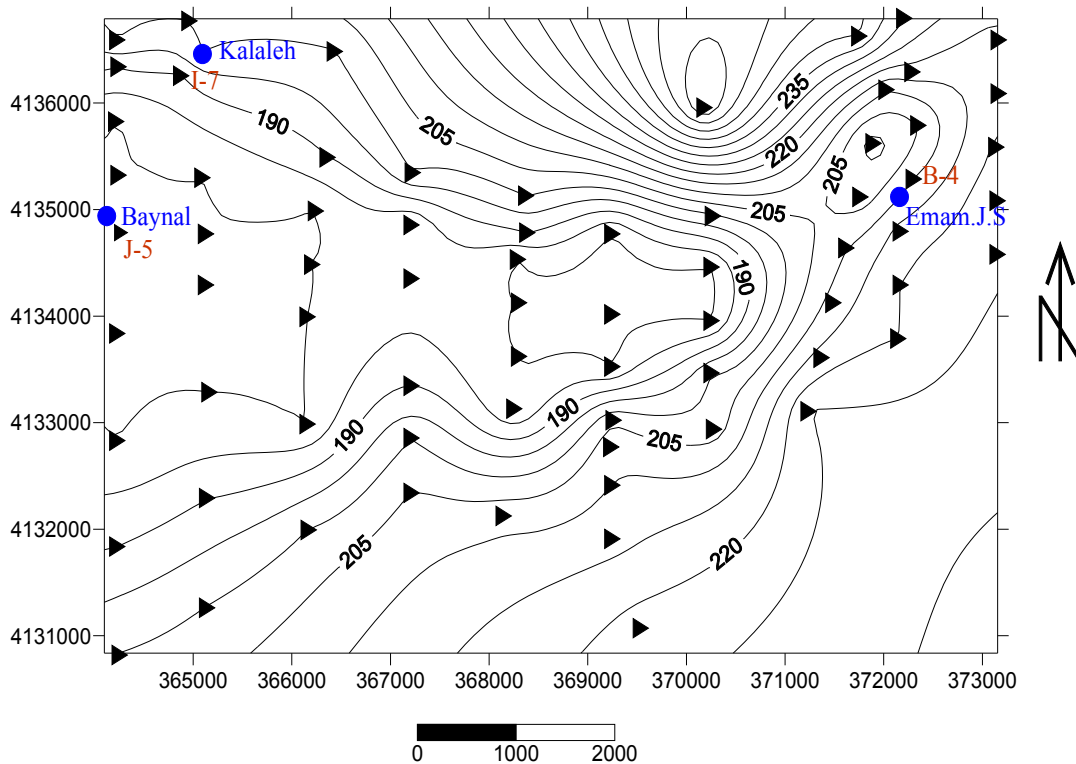
<sup>۱</sup> Correlation Coefficient

هر چه مقدار این ضریب بیشتر باشد، نشان‌دهنده آن است که دو متغیر  $X$  و  $Y$  دارای روند تغییرات مشابه‌تری می‌باشند [۲۵].

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

#### هیدرولوژیکی به دست 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 هیدرولوژیکی به دست آمده از این چاه‌ها ارائه می‌گردد. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، هر چه تعداد چاه‌های آب موجود در منطقه مطالعاتی بیشتر باشند، رابطه به دست آمده بین نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ مقاومت ویژه الکتریکی و پارامترهای هیدرولوژیکی به دست آمده از این چاه‌ها به واقعیت نزدیک‌تر است. اما با توجه به اینکه در این منطقه فقط سه چاه آب وجود دارد، بنابراین برای ایجاد رابطه مذکور فقط از پارامترهای هیدرولوژیکی به دست آمده از این چاه‌ها استفاده می‌شود. سه چاه آب موجود در منطقه مطالعاتی عبارتند از چاه‌های کلاله، باینال و امام جعفر صادق. در شکل ۵-۱ موقعیت سونداژهای الکتریکی برداشت شده در منطقه دوغ، موقعیت چاه‌های آب موجود در منطقه و نیز موقعیت سونداژهای برداشت شده در مجاورت این چاه‌ها 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.



شکل ۵-۱- موقعیت سونداژهای الکتریکی برداشت شده در منطقه دوغ، موقعیت چاه‌های آب موجود در منطقه و نیز موقعیت سونداژهای مجاور این چاه‌ها

پارامترهای هیدرولوژیکی به دست آمده از این سه چاه آب، در ماه اردیبهشت سال ۱۳۷۵ اندازه‌گیری شده‌اند. در حالی که داده‌های سونداژهای مقاومت ویژه الکتریکی در ماه شهریور سال ۱۳۷۵ برداشت شده‌اند. لازم به ذکر است که با توجه به تغییرات تدریجی پارامترهای هیدرولوژیکی نسبت به زمان و با در نظر گرفتن تأثیر این تغییرات تدریجی بر روی مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌های آبدار، هر چه اختلاف زمان برداشت دو سری داده فوق کمتر باشد، روابط به دست آمده بین آن‌ها به واقعیت نزدیک‌تر است.

اطلاعات هیدرولوژیکی اندازه‌گیری شده از چاه‌های مذکور شامل آنالیز کیفی آب (آنیون‌ها و کاتیون‌ها) و پارامترهای مهمی از قبیل TDS، EC و pH می‌باشند. سونداژ الکتریکی I-7 در فاصله ۲۷۰ متری چاه کلاله، سونداژ الکتریکی J-5 در فاصله ۱۶۵ متری چاه باینال و سونداژ الکتریکی B-4 در فاصله ۲۲۵ متری چاه امام جعفر صادق برداشت شده است. بنابراین می‌توان مشخصات الکتریکی لایه آبدار موجود در زیر این سونداژها را 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 به دست آمده بین دو سری داده مذکور می‌شود که مجبوراً از آن چشم‌پوشی می‌گردد.

نتایج کامل تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژهای فوق‌الذکر با استفاده از منحنی‌های استاندارد (تفسیر دستی) و نرم‌افزارهای VES و Ipi2win، به ترتیب در جداول ۳-۹، ۳-۶۱ و ۳-۶۷ آورده شده است. در جدول ۵-۱ نام چاه‌های آب موجود در منطقه و مختصات UTM آن‌ها و نیز مقادیر عددی TDS و EC آورده شده است.

جدول ۵-۱- نام چاه‌های آب موجود در منطقه و مختصات UTM آن‌ها به همراه مقادیر عددی TDS و EC

نام چاه آب	مختصات UTM		پارامترهای هیدرولوژیکی	
	X	Y	TDS (mg/l)	EC ( $\mu$ S/cm)
کلاله	۳۶۵۰۷۷	۴۱۳۶۴۶۱	۵۴۶	۸۴۵
باینال	۳۶۴۱۰۰	۴۱۳۴۹۳۵	۶۳۰	۹۸۲
امام جعفر صادق	۳۷۲۱۵۶	۴۱۳۵۱۱۷	۲۵۴	۳۹۵



در جدول ۲-۵ نام چاه‌های آب موجود در منطقه، نام و مختصات UTM سونداژ برداشت شده در مجاورت هر چاه و مشخصات لایه آبدار موجود در زیر هر سونداژ آورده شده است.

جدول ۲-۵- نام چاه‌های آب موجود در منطقه، نام و مختصات UTM سونداژ مجاور چاه و مشخصات لایه آبدار موجود در زیر هر سونداژ

نام چاه آب	نام سونداژ مجاور چاه	مختصات UTM سونداژ		مشخصات لایه آبدار موجود در زیر سونداژ		
		X	Y	مقاومت ویژه	عمق	ضخامت
کلاله	I-7	۳۶۴۸۷۷	۴۱۳۶۲۸۱	۳۸	۲۲	۵۸
باینال	J-5	۳۶۴۲۳۰	۴۱۳۴۸۳۶	۳۲	۳۰	۶۲
امام جعفر صادق	B-4	۳۷۲۲۹۸	۴۱۳۵۲۹۱	۴۲	۸	۱۸

با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه (شکل ۲-۱)، چاه‌های آب موجود در منطقه مطالعاتی در رسوبات آبرفتی واقع شده‌اند. با در نظر گرفتن اینکه این رسوبات آبرفتی ترکیبی از دانه‌های ماسه و سیلت می‌باشند و با توجه به جدول ۱-۱ (در این جدول، تخلخل ماسه در محدوده ۲۵-۵۰ درصد و تخلخل سیلت در محدوده ۳۵-۵۰ درصد تغییر می‌کند)، می‌توان مقدار متوسط تخلخل را در این رسوبات برابر با ۴۰ درصد در نظر گرفت.

برای محاسبه فاکتور سازندی با استفاده از تخلخل، می‌توان از رابطه (۵-۱) استفاده کرد. همان‌طور که در فصل اول نیز ذکر شد، در این معادله مقدار کمیت  $a$  در محدوده ۲/۴۵-۰/۶۲ و مقدار کمیت  $m$  در محدوده ۲/۱۵-۱/۰۸ تغییر می‌کند [۴].

با توجه به مطالعات مشابه صورت گرفته در ایالت شیکاگو بر روی رسوبات آبرفتی، برای این رسوبات مقادیر ثابت  $a=1$  و  $m=2$  را در نظر می‌گیریم [۲۶].

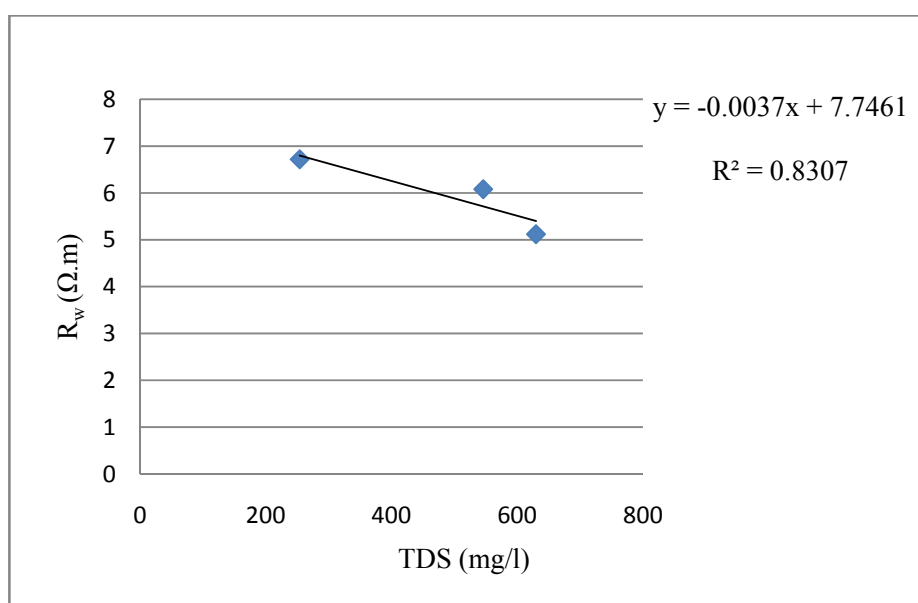
حال با توجه به رابطه (۵-۱) مقدار تقریبی فاکتور سازندی برای این رسوبات برابر با  $6/25$  به دست می‌آید. هدف از محاسبه فاکتور سازندی، به دست آوردن مقاومت ویژه آب داخل سازندهای موجود در زیر سونداژهایی است که در مجاورت چاه‌های آب مذکور اجرا شده‌اند. با در نظر گرفتن رابطه (۴-۱) و با توجه به این که مقادیر مقاومت ویژه سازندهای اشباع از آب ( $R_0$ ) از طریق تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ الکتریکی به دست آمده و در جدول ۵-۲ ثبت شده‌اند، با فرض مقدار تقریبی  $F=6/25$  برای این رسوبات آبرفتی، مقادیر مقاومت ویژه آب سازندی ( $R_w$ ) برای لایه‌های آبدار موجود در زیر هر سونداژ، مطابق جدول ۵-۳ محاسبه می‌شود.

جدول ۵-۳- نام چاه آب و سونداژ مجاور آن، مقاومت ویژه سازند اشباع از آب و مقاومت ویژه آب داخل سازند برای لایه‌های آبدار موجود در زیر هر سونداژ

مقاومت ویژه آب داخل سازند ( $R_w$ )	مقاومت ویژه سازند اشباع از آب ( $R_0$ )	نام سونداژ مجاور چاه	نام چاه آب
۶/۰۸	۳۸	I-7	کلاله
۵/۱۲	۳۲	J-5	باینال
۶/۷۲	۴۲	B-4	امام جعفر صادق

در این مرحله، بین مقادیر  $R_w$  (جدول ۵-۳) و مقادیر TDS و EC (جدول ۵-۱)، با استفاده از روش رگرسیون رابطه برقرار می‌کنیم. قبلاً اشاره شد که وینسنز، ورتینگتون، آنگماخ و غیره، از روش رگرسیون برای ایجاد رابطه بین پارامترهای هیدرولوژیکی آبخوان و داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی به دست آمده از سونداژنی الکتریکی قائم استفاده کرده‌اند. لازم به ذکر است که برای رسم نمودارهای رگرسیون و به دست آوردن روابط موجود بین پارامترهای فوق‌الذکر، از نرم‌افزار Excel استفاده شده است.

ابتدا به بررسی رابطه بین مقادیر  $R_w$  و TDS می‌پردازیم. در شکل ۵-۲ نمودار رابطه خطی بین این دو پارامتر نشان داده شده است. همان‌طور که می‌دانیم، تغییرات مقدار کل مواد جامد حل شده (TDS) در آب سازندی، بر روی مقدار مقاومت ویژه آن ( $R_w$ ) تأثیر می‌گذارد. بنابراین در این نمودار، پارامتر TDS به عنوان متغیر مستقل و پارامتر  $R_w$  به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود.



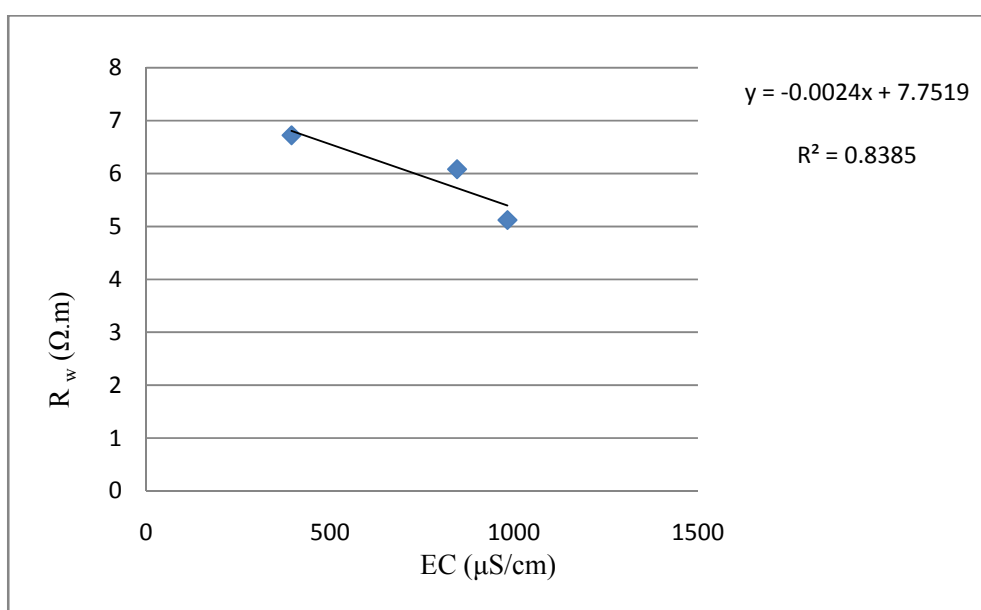
شکل ۵-۲- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر  $R_w$  و TDS

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

$$R_w = -0.0037 \text{ TDS} + 7.7461 \quad (5-5)$$

ضریب همبستگی ( $R^2$ ) رابطه خطی فوق، ۰/۸۳۰۷ است که نشان‌دهنده همبستگی نسبتاً خوبی بین مقادیر  $R_w$  و TDS می‌باشد. این رابطه نشان‌دهنده آن است که با افزایش مقدار کل مواد جامد حل شده در آب سازندی، رسانایی آن افزایش و در نتیجه مقاومت ویژه آن کاهش می‌یابد.

حال به بررسی رابطه بین مقادیر  $R_w$  و EC می‌پردازیم. در شکل ۳-۵ نمودار رابطه خطی بین این دو پارامتر نشان داده شده است. همان‌طور که می‌دانیم، تغییرات هدایت الکتریکی (EC) آب سازندی، بر روی مقدار مقاومت ویژه آن ( $R_w$ ) تأثیر می‌گذارد. بنابراین در این نمودار، پارامتر EC به عنوان متغیر مستقل و پارامتر  $R_w$  به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۳-۵- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر  $R_w$  و EC

با توجه به شکل ۳-۵ رابطه بین مقادیر  $R_w$  و EC به صورت زیر می‌باشد:

$$R_w = -0.0024 EC + 7.7519 \quad (۶-۵)$$

ضریب همبستگی ( $R^2$ ) این رابطه، ۰/۸۳۸۵ است که نشان‌دهنده همبستگی نسبتاً خوبی بین مقادیر  $R_w$  و EC می‌باشد. این رابطه نشان‌دهنده آن است که با افزایش مقدار هدایت الکتریکی آب موجود در لایه‌های آبدار، مقاومت ویژه آن کاهش می‌یابد.

#### ۵-۴- نتیجه‌گیری

با توجه به روابط خطی به دست آمده بین پارامترهای هیدرولوژیکی اندازه‌گیری شده از چاه‌های آب موجود در منطقه و داده‌های مقاومت ویژه به دست آمده از سونداژهای الکتریکی اجرا شده در مجاورت این چاه‌ها (روابط ۵-۵ و ۶-۵) و با در نظر گرفتن ضرایب همبستگی به دست آمده برای هر کدام از این روابط، مشخص می‌شود که در این منطقه، همبستگی نسبتاً خوبی بین این دو سری پارامتر وجود دارد. بنابراین، با تعمیم این رابطه در کل منطقه مطالعاتی (با وجود تعداد کم چاه‌های آب در منطقه) می‌توان با در دست داشتن داده‌های مقاومت ویژه لایه‌های آبدار موجود در زیر سطح زمین در محل هر سونداژ، تخمین تقریباً دقیقی را از پارامترهای هیدرولوژیکی این لایه‌ها به دست آورد.

## فصل ششم

### نتیجه‌گیری و پیشنهادات

## ۶-۱- نتیجه‌گیری

۱- نتایج تفسیر یک‌بعدی، دوبعدی و سه‌بعدی داده‌های مقاومت ویژه به دست آمده از سونداژهای الکتریکی قائم، مقادیر بالای مقاومت ویژه الکتریکی را در شمال 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 هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فواصل الکترودی مختلف، می‌توان دریافت که مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌های زمین در شمال، شمال شرق و شرق 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 به دست آمده بین داده‌های سونداژ مقاومت ویژه و پارامترهای هیدرولوژیکی به دست آمده از چاه‌های آب (روابط ۵-۵ و ۶-۵) و با در نظر گرفتن ضریب همبستگی ( $R^2$ ) به دست 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 به دست 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.

۳- با توجه به نقشه‌های هم‌عمق و هم‌پتانسیل آب منطقه (شکل‌های ۳-۱ و ۳-۲) و با در نظر گرفتن پارامترهای هیدرولوژیکی به دست آمده از چاه‌های آب منطقه که در جدول ۵-۱ ثبت شده‌اند (مقادیر TDS و EC که در چاه امام جعفر صادق واقع در شرق منطقه حداقل و در چاه باینال در غرب منطقه حداکثر می‌باشند)، می‌توان دریافت که جهت حرکت آب‌های زیرزمینی در منطقه، از سمت شرق و شمال شرق به سمت غرب می‌باشد.

## ۶-۲- پیشنهادات

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

۱- برای کنترل دقیق‌تر تغییرات جانبی مقاومت ویژه الکتریکی و نیز بررسی و تشخیص حضور گسل‌ها در منطقه مورد مطالعه، چند برداشت پروفیل‌زنی مقاومت ویژه انجام شود. با توجه به نتایج حاصل از تفسیر دوبعدی با استفاده از نرم‌افزارهای Ipi2win و 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 مقاومت ویژه، 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 (۵-۵) و (۵-۶) در کل منطقه عملیاتی، می‌توان با استفاده از برداشت‌های مقاومت ویژه الکتریکی و تفسیر داده‌های خام به دست 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 به دست آمده از این طریق به واقعیت نزدیک‌تر است.



ضمانہ

ضمیمه شماره ۱- مقادیر مقاومت ویژه به دست آمده از سونداژهای الکتریکی اجرا شده در منطقه مخروط افکنه‌ای دوغ (بر حسب اهم متر).

AB/2(m)	MN(m)	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
۳	۲	۲۶/۸۱	۲۳/۵۹	۱۵/۱۱	۲۲/۷۱	۴۲/۷۰
۵	۲	۲۰/۷	۲۵/۶۲	۱۷/۰۵	۲۰/۴۱	۴۳/۷۷
۷	۲	۲۴/۱۹	۲۵/۷۶	۱۹/۷۹	۲۱/۵۲	۵۱/۳۷
۱۰	۲	۲۶/۰۳	۲۶/۷۶	۲۲/۲۰	۲۲/۹۷	۵۰/۲۴
۱۰	۵	۲۶/۰۳	۲۶/۱۶	۲۰/۹۹	۲۲/۹۷	۴۰/۲۳
۱۵	۵	۲۸/۶۹	۲۹/۱۶	۲۳/۲۱	۲۴/۵۰	۳۵/۳۵
۲۰	۵	۲۹/۸۹	۳۳/۸۴	۲۳/۸۹	۲۳/۸۷	۳۰/۲۸
۳۰	۵	۳۲/۱۱	۴۲/۱۲	۲۴/۴۴	۲۷/۸۰	۲۸/۸۳
۴۰	۵	۳۰/۸۸	۴۷/۵۷	۲۵/۴۷	۲۵/۱۲	۲۶/۵۳
۵۰	۵	۲۹/۹۶	۴۸/۵۰	۲۵/۷۲	۲۳/۸۲	۲۶/۱۷
۵۰	۲۰	۳۹/۰۵	۵۴/۹۹	۲۸/۴۲	۲۶/۱۳	۲۸/۷۱
۷۰	۵	۳۲/۰۶	۶۳/۰۷	۲۸/۶۹	۲۲/۰۹	۲۵/۲۷
۷۰	۲۰	۳۸/۶۸	۶۲/۵۸	۳۱/۲۱	۲۴/۵۶	۲۷/۸۵
۱۰۰	۲۰	۳۴/۹۳	۶۳/۸۸	۳۵/۵۸	۲۶/۴۷	۳۰/۳۰
۱۵۰	۲۰	۳۳/۱۲	۶۴/۵۱	۴۰/۰۸	۲۵/۹۹	۳۳/۲۴
۲۰۰	۲۰	۴۳/۳۱	۶۶/۶۵	۴۴/۴۱	۲۷/۹۰	۳۸/۷۷
۲۰۰	۸۰	۴۰/۲۱	۶۴/۳۳	۴۵/۵۹	۲۴/۶۵	۳۶/۹۰
۳۰۰	۲۰	۴۲/۰۸	۶۱/۳۲	۶۷/۶۶	۲۶/۴۳	۵۰/۴۳
۳۰۰	۸۰	۴۲/۳۸	۵۸/۴۱	۴۹/۷	۳۱/۵۸	۴۹/۳۱
۴۰۰	۸۰	۳۹/۶۴	۶۲/۸۹	۵۶/۷۴	۳۹/۲۳	۶۶/۰۴
۵۰۰	۸۰	۴۰/۰۹	۶۳/۸۳	۵۶/۱۶	-	۴۸/۷۷

AB/2(m)	MN(m)	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7
3	2	47/19	47/21	24/65	20/11	23/71	25/25	34/47
5	2	41/36	27/11	25/11	23/45	20	26/53	31/29
7	2	46/45	21/65	26/46	25/51	21/02	26/11	29/41
10	2	54/27	19/97	26/27	23/46	21/17	31/41	21/56
10	5	49/41	19/47	25/17	23/41	20/11	21/43	27/60
15	5	39/75	19/55	26/67	25/52	21/06	26/46	21/36
20	5	22/49	20/13	21/75	22/50	11/56	26/99	21/50
30	5	21/92	23/10	34/93	20/64	19/13	21/95	21/71
40	5	20/112	29/96	42/13	25/23	11/17	27/35	25/76
50	5	22/30	34/11	41/66	21/76	22/20	23/11	25/99
50	20	24/50	35/55	46/13	31/01	23/17	31/24	21/51
70	5	23/77	34/53	51/25	29/11	24/47	11/66	22/31
70	20	23/63	36/15	50/53	31/10	23/61	21/17	21/05
100	20	19/61	27/17	55/50	36/62	23/33	23/70	21/10
150	20	24/06	22/05	50/11	39/71	24/06	17/95	30/56
200	20	25/61	17/75	53/04	46/36	26/20	19/16	39/71
200	10	20/113	20/93	54/46	44/01	23/04	19/70	41/21
300	20	31/99	19/76	50/10	51/66	21/19	15/69	52/66
300	10	29/113	23/56	51/01	59	25/31	14/14	54/60
400	10	29/116	26/66	47/47	54/61	31/05	22/33	63/97
500	10	25/36	-	39/41	-	50/56	21/69	29/29

AB/2(m)	MN(m)	BABA	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7
3	2	37/45	27/60	32/52	22/27	30/74	23/84	24/54	47/55
5	2	31/78	28/88	38/57	26/84	29/71	20/37	26/51	31/48
7	2	31/52	34/97	42/34	30/43	29/16	20/47	28/09	27/14
10	2	32/80	32/05	40/22	32/07	30/83	21/16	28/66	23/33
10	5	32/88	35/02	37/53	30/21	29/40	20/90	27/96	22/72
15	5	32/04	35/16	34/03	30/81	28/11	21/21	26/98	30/61
20	5	28	40/32	31/93	29/11	26/52	20/07	25/59	31/82
30	5	34/85	42/12	34/86	28/79	22/67	19/60	26/50	31/57
40	5	39/14	43/14	33/38	27/33	24/68	20/71	22/85	28/83
50	5	40/98	43/30	41/13	27/86	24/98	20/57	23/64	27/98
50	20	44/20	50/10	46/34	28/90	24/37	23/69	24/41	31/42
70	5	45/70	42/82	42/71	30/13	23/63	20/50	19/42	27/73
70	20	47/91	47/58	50/17	31/67	25/70	23/59	21/25	29/35
100	20	47/24	46/96	49/29	37/64	29/60	23/64	19/88	29/39
150	20	44/14	43/65	48/29	44/01	29/08	22/76	17/50	30/62
200	20	39/62	32/90	48/92	44/48	35/23	22/76	16/38	33/19
200	80	38/05	38/10	49/30	45/18	33/78	23/09	18/41	34/96
300	20	32	24/63	52/96	46/43	38/98	25/59	19/92	41/80
300	80	30/55	25/87	54/24	46/66	40/26	24/19	21/17	41/91
400	80	28/98	24/88	40/44	46/42	43/13	25/50	25/88	49/76
500	80	34/25	56/36	-	51/03	46/93	22/95	33/85	57/96

AB/2(m)	MN(m)	SAZ-A	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5
3	2	29/84	23/04	27/14	18/40	47/97	38/46
5	2	25/93	22/24	31/05	17/51	36/44	40/08
7	2	25/40	22/93	34/37	18/85	37/01	38/85
10	2	25/05	22/23	34/55	16/57	33/11	43/86
10	5	24/59	22/18	32/71	16/25	33/53	39/99
15	5	21/42	21/81	31/88	13/06	26/57	40/59
20	5	18/31	21/17	30/90	15	22/27	39/86
30	5	17/87	20/46	25/01	16/61	19/60	34/92
40	5	16/71	20/47	25/96	16/12	18/77	29/61
50	5	14/83	18/80	27/03	18/4	19/12	30/12
50	20	18/24	23/58	28/54	21/98	24/52	34/42
70	5	13/58	21/24	31/81	17/24	18/15	20/68
70	20	16/10	24/26	31/53	22/47	22/25	28/65
100	20	14/41	27/81	35/89	25/9	22/70	26/73
150	20	12/21	31/49	43/60	26/39	24/41	25/76
200	20	11/18	32/36	42/38	28/95	26/54	24/82
200	80	12/48	32/24	43/70	34/68	26/19	24/54
300	20	13/35	32/12	43/12	31/80	28/58	28/05
300	80	13/98	34/45	42/86	39/37	29/92	30/60
400	80	19/78	28/86	42/43	41/75	34/57	34/28
500	80	-	23/79	40/64	41/56	40/24	38/41

AB/2(m)	MN(m)	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	SAZ-C
۳	۲	۲۵/۶۹	۱۹/۲۳	۲۲/۳۶	۲۹/۴۲	۲۰/۹۳	۲۶/۵۲	۲۳/۸۴	۲۱/۰۵
۵	۲	۲۹/۴۰	۱۹/۹۰	۱۹/۹۲	۳۴/۸۱	۱۷/۳۷	۳۰/۰۲	۲۳/۸۵	۲۱/۸۰
۷	۲	۲۹/۵۳	۲۳/۲۱	۱۷/۷۶	۳۵/۲۰	۱۸/۴۰	۳۵/۳۰	۲۳/۴۲	۲۴/۳۶
۱۰	۲	۲۷/۵۹	۲۴/۰۴	۱۸	۴۳/۰۸	۱۷/۹۱	۳۶/۷۵	۲۱/۸۸	۲۵/۲۶
۱۰	۵	۲۹/۵۷	۲۱/۶۱	۱۹/۹۹	۵۰/۶۸	۱۹/۹۵	۳۴/۳۹	۲۲/۹۳	۲۶/۵۷
۱۵	۵	۲۶/۹۵	۲۴/۱۵	۱۷/۷۲	۵۱/۵۱	۱۸/۰۶	۳۳/۳۸	۱۹/۷۶	۲۴/۹۹
۲۰	۵	۲۵/۰۳	۲۴/۳۳	۱۷/۹۴	۲۴/۹۰	۱۹/۵۰	۲۹/۱۲	۱۹/۲۱	۲۰/۱۵
۳۰	۵	۲۸/۰۸	۲۴/۶۶	۱۷/۷۲	۲۰/۴۴	۱۷/۹۸	۲۴/۵۹	۲۲/۱۷	۲۱/۹۱
۴۰	۵	۲۹/۲۱	۲۳/۹۸	۱۸	۲۰/۰۳	۱۸/۲۴	۲۱/۷۴	۱۶/۳۹	۲۲/۷۶
۵۰	۵	۳۷/۲۶	۲۶/۸۶	۱۸/۴۵	۲۱/۵۱	۱۸/۰۶	۲۰/۵۱	۱۸/۱۰	۲۷/۴۲
۵۰	۲۰	۲۸/۱۴	۳۰/۴۸	۲۱/۸۵	۲۲/۰۱	۲۰/۶۸	۲۱/۷۹	۲۱/۹۳	۲۷/۰۶
۷۰	۵	۳۵/۶۹	۳۱/۵۳	۱۹/۴۹	۱۹/۹۹	۱۷/۳۷	۱۷/۶۴	۱۶/۵۶	۲۳/۷۰
۷۰	۲۰	۲۹/۳۶	۳۴/۰۶	۲۳/۶۷	۲۱/۲۱	۲۰/۱۴	۱۹/۴۸	۲۱/۴۸	۲۷/۳۶
۱۰۰	۲۰	۳۱/۸۱	۴۰/۴۹	۲۷/۸۵	۱۹/۹۴	۱۹/۶۴	۱۸/۵۰	۱۸/۸۲	۲۵/۰۲
۱۵۰	۲۰	۳۲/۱۶	۴۶/۹۱	۳۱/۲۵	۲۲/۶۲	۱۹/۱۵	۱۸/۰۱	۱۷/۹۷	۲۰/۲۹
۲۰۰	۲۰	۳۱/۹۰	۴۹/۴۹	۳۷/۶۰	۲۴/۰۴	۱۸/۵۰	۱۷/۴۳	۱۹/۲۸	۱۹/۴۹
۲۰۰	۸۰	۳۴/۰۷	۴۸/۴۵	۳۵/۷۲	۲۲/۹۳	۲۰/۲۱	۱۹/۴۰	۱۹/۶۵	۲۰/۱۹
۳۰۰	۲۰	۲۷/۹۲	۴۷/۶۸	۳۸/۹۱	۲۸/۹۴	۱۹/۳۵	۲۲/۷۶	۱۹/۲۳	-
۳۰۰	۸۰	۳۲/۱۸	۴۶/۹۰	۳۷/۷۲	۲۸/۵۶	۲۳/۳۱	۲۲/۶۶	۲۰/۲۱	۱۶/۱۲
۴۰۰	۸۰	۳۲/۲۷	۴۱/۹۹	۴۳/۹۹	۳۳/۴۳	۲۷/۹۲	۲۶/۳۳	۲۱/۳۸	۱۴
۵۰۰	۸۰	۳۲/۵۲	۴۹/۷۷	۴۸/۷۷	۳۶/۸۶	۳۴/۱۴	۳۳/۴۹	۲۵/۳۲	-

AB/2(m)	MN(m)	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7
۳	۲	۳۳/۶۶	۴۵/۳۷	۲۷/۸۱	۱۷/۰.۸	۳۸/۷۱	۲۵/۳۶	۳۴/۷۵
۵	۲	۳۳/۸۳	۶۲/۷۶	۲۸/۵۷	۲۰/۸۹	۲۶/۸۳	۲۶/۸۲	۴۵/۹۱
۷	۲	۴۰/۹۷	۷۸/۸۵	۳۰/۱۹	۱۸/۶۲	۲۲/۳۶	۲۴/۹۰	۵۴/۱۲
۱۰	۲	۴۵/۶۲	۸۹/۴۵	۲۸/۸۶	۱۹/۰.۵	۲۰/۵۰	۲۳/۸۳	۵۷/۸۱
۱۰	۵	۴۵/۳۷	۷۶/۶۹	۲۸/۹۳	۱۸/۶۲	۲۱/۴۲	۲۵/۶۱	۶۰
۱۵	۵	۴۹/۰.۲	۹۰/۲۲	۳۰/۵۲	۱۸/۰.۳	۲۱/۴۲	۲۱/۱۶	۶۰/۶۵
۲۰	۵	۴۴/۶۸	۹۲/۸۶	۳۲/۲۴	۱۸/۸۷	۲۱/۷۴	۲۰/۳۸	۵۵/۶۱
۳۰	۵	۴۰/۷۹	۹۱/۹۴	۳۵/۰.۷	۱۹/۵۶	۲۱/۵۵	۱۹/۸۳	۴۶/۶۱
۴۰	۵	۴۴/۸۱	۸۵/۶۷	۴۲/۹۵	۲۰/۸۹	۲۳/۷۸	۱۹/۵۶	۴۲/۲۳
۵۰	۵	۴۴/۹۶	۹۱/۰.۲	۴۶/۰.۱	۲۲/۳۰	۲۱/۹	۱۹/۹۸	۳۷/۸۱
۵۰	۲۰	۵۴/۷۸	۹۲/۳۹	۴۷/۰.۸	۲۳/۷۷	۲۳/۳۹	۲۱/۵۲	۳۳/۴۴
۷۰	۵	۵۳/۷۱	۷۵/۲۸	۵۲/۲۳	۲۴/۷۷	۲۰/۴۲	۱۹/۱۵	۲۵/۹۵
۷۰	۲۰	۶۱/۴۰	۷۸/۰.۴	۵۴/۰.۴	۲۶/۵۰	۲۲/۴۷	۲۲/۰.۲	۲۸/۳۲
۱۰۰	۲۰	۷۰/۲۹	۶۳/۷۱	۶۱/۳۲	۳۰/۰.۱	۲۴/۴۰	۲۲/۸۷	۲۶/۵۶
۱۵۰	۲۰	۷۱/۷۴	۵۰/۶۴	۶۳/۸۵	۳۴/۵۱	۲۷/۲۸	۲۱/۷۶	۲۶/۳۹
۲۰۰	۲۰	۷۷/۰.۹	۴۷/۹۰	۵۹/۷۶	۴۰/۲۳	۲۹/۸۶	۲۱/۲۶	۲۰/۵۷
۲۰۰	۸۰	۷۵/۶۰	۵۰/۲۴	۵۸/۳۷	۴۴/۲۹	۳۲/۲۹	۲۲/۵۰	۲۲/۷۳
۳۰۰	۲۰	۸۱/۵۰	۴۹/۹۸	۵۰/۲۱	۴۳/۶۰	۳۴/۲۶	۲۲/۸۱	۲۰/۷۷
۳۰۰	۸۰	۸۱/۲۳	۵۰/۹۵	۴۹/۶۵	۴۴/۹۵	۳۶/۲۳	۲۴/۱۵	۲۰/۳۵
۴۰۰	۸۰	۷۸/۷۱	۴۷/۹۰	۵۰/۷۲	۴۵/۹۴	۳۸/۹۳	۲۸/۴۰	۱۸/۹۹
۵۰۰	۸۰	۷۱/۸۸	۴۱/۲۲	۵۰/۷۱	۴۷/۶۹	۴۵/۱۳	۳۰/۴۶	۱۹/۴۵

AB/2(m)	MN(m)	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6
3	2	30/44	14/0.8	24/66	33/79	37/96	32/0.2
5	2	25/47	15/45	24/0.4	36/98	47/38	39/0.4
7	2	25/57	17/0.5	27/0.3	38/74	53/51	49/13
10	2	26	18/24	26/13	38/45	54/53	52/51
10	5	24/92	18/43	21/35	37/0.8	50/0.7	50/0.7
15	5	27/78	20/42	19/62	34/75	48/80	50/35
20	5	30/81	22/0.5	18/85	33/37	46/44	48/11
30	5	38/79	28/71	20/0.1	26/71	37/29	36/73
40	5	42/50	33/0.6	20/20	24/21	30/84	31/79
50	5	47/35	35/72	20/89	25/26	29/38	27/49
50	20	51/66	37/40	22/62	23/41	29/89	28/64
70	5	54/87	41	22/61	24/28	25/0.2	22/19
70	20	57/87	41/63	23/65	22/23	25/0.7	25/18
100	20	63/93	42/96	26/55	22/39	24/41	27/75
150	20	59/53	43/0.5	31/95	21/57	23/0.4	24/64
200	20	57/74	43/46	37/0.9	19/82	22/29	22/0.9
200	80	57/0.7	43/16	36/48	21/35	22/13	25/58
300	20	51/68	39/48	42/88	19/31	17/27	17/56
300	80	52/12	42/92	40/0.3	21/44	18/92	22/54
400	80	52/13	43/66	39/35	22/71	18/22	19/97
500	80	55/62	44/54	38/99	24/0.4	46/46	19/75



AB/2(m)	MN(m)	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6	H-7
3	2	14/56	53/86	23	25/23	26/57	24/54	31/54
5	2	17/02	59/54	20/38	24/92	24/01	31/63	36/72
7	2	19/25	60/14	22/35	24/02	23/76	31/67	37/89
10	2	22/86	43/88	20/39	22/15	21/37	42/62	35/57
10	5	20/90	50/63	18/90	21/32	21/09	40/73	32/32
15	5	21/01	56/76	18/98	20/32	20/57	41/38	30/65
20	5	35/84	60/17	21/02	21/80	19/13	37/90	27/91
30	5	47/91	53/54	21/69	23/21	20/64	30/89	25/81
40	5	56/54	42/50	23/14	29/07	20/61	24/30	23/52
50	5	59/79	42/83	25/09	31/25	20/75	22/85	23/50
50	20	59/26	49/09	27/62	34/55	21/51	25/29	26/29
70	5	-	39/71	27/58	33/51	22/96	20/05	22/98
70	20	50/71	47/34	29/15	37/02	23/48	21/34	26/01
100	20	-	42/49	32/12	36/36	25/71	19/21	27/42
150	20	21/89	31/70	35/70	37/95	21/55	19/06	25/39
200	20	22/44	32/11	39/48	31/93	32/71	17/19	23/36
200	80	26/01	31/91	40/43	41/67	32/94	19/24	25/43
300	20	20/22	30/29	46/61	40/63	34/91	16/25	18/44
300	80	22/47	29	42/72	45/99	36/08	17/31	20/62
400	80	24/77	30/78	44/46	46/42	37/96	17/02	16/69
500	80	29/44	31/71	41/22	47/65	39/14	17/77	16/26

AB/2(m)	MN(m)	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	I-7	I-8
3	2	23/09	31/94	21/19	27/99	19/14	23/16	33/65	25/51
5	2	23/31	25/04	22/27	19/94	20/52	21/40	27/04	44/33
7	2	24/71	21/61	26/09	19/60	20/80	20/79	25/48	56/20
10	2	23/29	19/40	26/86	18/95	20/22	19/29	23/45	70/24
10	5	22/25	22/01	22/49	17/43	18/88	18/29	22/56	60/37
15	5	22/21	21/26	21/90	18/11	18/91	17/96	20/62	75/37
20	5	19/49	19/20	23/77	19/10	18/94	18/71	18/97	78/20
30	5	19/96	21/07	21/88	21/54	20/66	20/90	19/01	77/30
40	5	20/21	20/83	20/80	30/96	22/20	23/16	21/40	64/34
50	5	20/03	18/99	27/31	26/19	25	22/87	24/08	55/61
50	20	20/91	19/43	25/26	26/62	25/40	25/43	24/48	54/33
70	5	19/83	21/07	26/85	28/81	27/09	25/43	31/71	46/67
70	20	21/42	20/88	23/19	29/60	27/59	28/04	26/77	44/93
100	20	20/32	22/44	23/73	30/37	32/10	30/78	28/62	40/54
150	20	17/53	20/85	23/88	32/76	37/67	36/31	29/49	27/79
200	20	18/80	16/78	22/76	33/52	39/69	35/59	30/19	33/97
200	80	19/54	18/79	23/18	31/63	39/61	36/28	30/05	36/06
300	20	13/44	-	25/34	33/30	43	39/70	26/75	25/06
300	80	16/47	16/06	23/18	32/73	43/32	39/21	28/05	27/33
400	80	17/88	12/84	24/22	33/11	42/45	40/71	33/46	25/32
500	80	20/58	18/39	29/26	34/70	45/83	41/66	-	25/94

AB/2(m)	MN(m)	J-1	J-2	J-3	J-4	J-5
۳	۲	۳۲/۴۱	۲۷/۴۰	۲۲/۹۰	۱۷/۰۵	۱۴/۱۱
۵	۲	۳۱/۲۲	۳۲/۴۰	۱۹/۷۰	۱۶/۴۴	۱۵
۷	۲	۳۱/۲۵	۳۸/۵۰	۲۰/۹۴	۱۸/۶۳	۱۶/۳۵
۱۰	۲	۲۹/۵۵	۴۱	۲۰/۰۷	۱۹/۷۱	۱۷/۳۷
۱۰	۵	۲۶/۵۲	۳۷/۲۰	۱۹/۷۸	۱۷/۵۶	۱۷/۳۰
۱۵	۵	۲۴/۷۴	۳۶/۴۰	۱۸/۷۷	۱۸/۹۷	۱۸/۶۳
۲۰	۵	۲۲/۵۵	۳۲/۱۰	۱۷/۵۹	۲۰/۶۹	۱۹/۲۸
۳۰	۵	۲۲/۳۱	۲۵/۷۰	۱۶/۷۷	۲۲/۰۸	۲۰/۲۸
۴۰	۵	۲۰/۲۹	۲۸/۹۰	۱۷/۶۴	۲۷/۶۴	۲۰/۳۲
۵۰	۵	۱۹/۴۵	۲۸/۸۰	۱۵/۹۰	۲۶/۵۷	۲۳/۱۴
۵۰	۲۰	۱۸/۸۲	۲۵	۱۹/۸۹	۲۲/۷۹	۱۹/۹۸
۷۰	۵	۱۸/۶۵	۲۷	۱۸/۰۶	۳۱/۲۳	۲۳/۷۵
۷۰	۲۰	۱۷/۳۹	۲۴/۸۰	۲۱/۹۱	۳۰/۸۰	۲۲/۴۸
۱۰۰	۲۰	۱۷/۴۸	۲۵/۴۰	۲۳/۳۹	۳۱/۷۴	۲۴/۴۶
۱۵۰	۲۰	۱۵/۵۳	۲۵/۱۰	۲۳/۹۴	۳۰/۵۴	۳۲/۷۹
۲۰۰	۲۰	۱۵/۲۶	۲۳	۲۳/۸۴	۳۲/۰۳	۳۷/۳۳
۲۰۰	۸۰	۱۴/۶۱	۲۰/۲۰	۲۳/۱۶	۳۴/۷۶	۳۲/۳۰
۳۰۰	۲۰	۱۲/۷۴	۲۰/۹۰	۲۳/۵۴	۲۷/۲۱	۴۰/۸۱
۳۰۰	۸۰	۱۴/۰۹	۱۸/۷۰	۲۳/۸۲	۳۲/۱۷	۳۵/۸۸
۴۰۰	۸۰	۱۶/۱۰	۱۷/۹۰	۲۴/۲۵	۲۸/۲۶	۳۴/۶۱
۵۰۰	۸۰	۱۷/۲۱	۱۹/۲۰	۲۴/۱۷	۲۴/۳۹	۳۸/۳۶

AB/2(m)	MN(m)	J-6	J-7	J-8	J-9	BIGDL
3	2	21/07	30/56	33/32	64/55	33/07
5	2	21/04	26/32	26/03	61/01	24/21
7	2	20/90	25/96	23/90	56/33	25/54
10	2	20/85	25/66	19/32	45/21	22/25
10	5	18/83	25/57	18/87	37/48	23/93
15	5	19/82	25/19	14/70	24/86	18/37
20	5	23/17	25/22	13/31	21/87	14/08
30	5	26/37	24/50	19/65	23/80	19/65
40	5	29/36	24/51	20/03	24/30	19/07
50	5	29/57	23/02	22/87	25/07	20/20
50	20	31/16	24/28	23/21	26/63	20/78
70	5	31/45	24/42	22/94	30/47	19/53
70	20	34/87	25/72	24/70	29/41	22/44
100	20	38/27	26/45	25/63	29/46	20/43
150	20	36/64	22/87	30/12	29/75	23/20
200	20	37/83	26/86	25/28	22/25	23/86
200	80	37/16	29/39	24/03	29/09	28/50
300	20	32/18	28/87	30/88	18/38	31/16
300	80	37/76	30/68	26/61	27/16	33/63
400	80	38/59	30/93	31/10	27/71	38/60
500	80	36/58	29/86	-	28/47	43/90

## فهرست منابع

- ۱- کلاگری ع. ا.، (۱۳۷۱) " اصول اکتشافات ژئوفیزیکی " جلد اول، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تبریز، صص ۱۸۰.
- ۲- صداقت م، (۱۳۸۵) " زمین و منابع آب " جلد اول، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه پیام نور، صص ۷ و ۸.
- ۳- مدنی ح، (۱۳۸۶) " آبکشی و آبرسانی در معادن " جلد اول، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، صص ۱۸-۲۲.
- ۴- مرادزاده ع، قوامی ریایی ر، (۱۳۸۶) " چاه‌پیمایی برای مهندسين " جلد اول، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، صص ۱۸-۲۲.
- ۵- باقری ص، (۱۳۸۶)، پایان‌نامه ارشد: " بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی دشت سراب " دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، صص ۷ و ۸.
- ۶- سازمان آب منطقه‌ای گلستان، (۱۳۷۵)، گزارش مهندسين مشاور صحراکاو، " مطالعات الکتریک مخروط افکنه دوغ "، صص ۱-۷.
- ۷- حجت آ، (۱۳۸۲)، پایان‌نامه ارشد: " مطالعات ژئوالکتریک جهت بررسی آب‌های زیرزمینی و ساختارهای زمین‌شناسی در محدوده آنومالی شماره ۳ معدن سنگ آهن گل‌گهر " دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، صص ۳۶-۴۰.
- ۸- 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 مقاومت ویژه و روابط تجربی، صص ۱۹۱-۲۰۰.

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

- 10-Corvallis, O. R., 2000, D.C. Resistivity methods, Northwest Geophysical Associates, Inc.
- 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-Zonge Engineering and Research Organization, 1994, The application of Surface Electrical Geophysics to groundwater problems, Electrical Geophysics Seminar notes., pp. 2-15.
- 13-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.
- 14-Mooney, H. M., 1980, Handbook of Engineering Geophysics: Vol.2: Electrical Resistivity, Bison Instruments, Inc.
- 15-Milson, J., 1989, Field Geophysics, Geological Society of London Handbook Series., pp. 90-97.
- 16-Weight, W. D., and Sonderegger, J. L., 2001, Manual of Applied Field Hydrogeology, Vol 1, second edition, McGraw- Hill.
- 17-Domenico, P. A., and Schwartz, F. W., 1998, Physical and Chemical Hydrogeology, Vol 1, second edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- 18-Bernard, J., 2003, Short note on the principles of geophysical methods for groundwater investigations.
- 19-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.
- 20- [www.ngdir.com](http://www.ngdir.com)

- 21- Reynolds, J. M., 1997, An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, pp. 418-459.
- 22- Telford, W. M., Geldart, L. P., and Sheriff, R. E., 1990, Applied Geophysics, Vol 1, second edition, Cambridge University Press.
- 23- Vogelsang, D., 1995, Environmental Geophysics, Springer-Verlag.
- 24- Barker, R., and Moore, J., 1998, The application of time-lapse electrical tomography in groundwater studies, The Leading Edge, 17, pp. 1454-1458.
- 25- Introduction to Regression Analysis, Wikipedia.org
- 26- 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.

## **Abstract**

Geoelectrical method was applied in Dough area, located in Golestan 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 ( $\phi$ ) 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:** Dough area- 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 Dogh area, Golestan province**

By:

**R. Mohebbi**

Supervisor:

**A. Kamkar Rouhani**

Thesis Submitted for the Degree of Master of Science

March 2010