

ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب،

استاندارد مطالعات الکتریک

باروشن مقاومت ویژه

جمهوری اسلامی ایران  
سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو

ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب،  
استاندارد مطالعات الکتریک با روش مقاومت ویژه

نشریه شماره ۱۵۹

معاونت امور فنی  
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

۱۳۷۵

ازینه رات سازمان برنامه و بودجه ۷۵/۰۰/۹۳

## فهرستبرگه

سازمان برنامه و بودجه. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی  
ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب، استاندارد مطالعات الکتریک با روش مقاومت ویژه / معاونت  
امور فنی، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی؛ وزارت نیرو، امور آب [ - تهران : سازمان و برنامه و بودجه ، مرکز  
مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۵ ]

۴۱ ص: مصور . - (سازمان برنامه و بودجه . دفتر تحقیقات معیارهای فنی ؛ نشریه شماره

(۱۵۹) انتشارات سازمان برنامه و بودجه ۹۳: ۷۵/۰۰ /

مربوط به دستورالعمل شماره ۱۴۸۳-۷۱۶۷/۵۶-۱۰۲-۱۳۷۵/۱۰/۲۹

کتابنامه: ۴۱.

۱. ژئوفیزیک . ۲. آب - مهندسی - استاندارد. الف. ایران . وزارت نیرو. امور آب . ب .

سازمان برنامه و بودجه . مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات . ج. عنوان. د. فروست.

ش. ۱۵۹. ۲ مس/ ۳۶۸ TA

ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب، استاندارد مطالعات الکتریک با روش مقاومت ویژه  
**تهیه کننده: دفتر تحقیقات و معیارهای فنی**

ناشر: سازمان برنامه و بودجه . مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

چاپ اول: ۵۰۰ نسخه، ۱۳۷۵

قیمت: ۳۰۰۰ ریال

چاپ و صحافی: چاپ زحل  
همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

دستورالعمل شماره: ۱۴۸۳/۵۶-۷۱۶۷/۲۰۱۰	به: تمامی دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور
تاریخ: ۱۳۷۵/۱۰/۲۹	
<b>موضوع: ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب، استاندارد مطالعات الکتریک با روش مقاومت ویژه</b>	
<p>به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه کشور و آیین نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی به پیوست نشریه شماره ۱۵۹ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی‌این سازمان با عنوان "ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب، استاندارد مطالعات الکتریک با روش مقاومت ویژه" از گروه دوم ابلاغ می‌گردد.</p> <p>تاریخ اجرای این دستورالعمل ۱۳۷۶/۲/۱ می‌باشد.</p> <p>شایسته است دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور مفاد نشریه یاد شده و ضوابط و معیارهای مندرج در آن را ضمن تطبیق با شرایط کار خود در طرح‌های عمرانی مورد استفاده قرار دهند.</p>	
<p>حمید میرزاده</p> <p>معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان برنامه و بودجه</p>	

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان‌سنجی)، مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی بلحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرحها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

نظام جدید فنی و اجرائی طرحهای عمرانی کشور (مصوب جلسه مورخ ۱۳۷۵/۳/۲۳ هیأت محترم وزیران) بکارگیری : معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرحها را مورد تأکید جدی قرار داده است.

با توجه به مراتب فوق و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان برنامه و بودجه (دفتر تحقیقات و معیارهای فنی) بر اساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است:

- استفاده از تخصصها و تجربه‌های کارشناسان صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی.

- استفاده از منابع و مأخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی.

- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت.

- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره‌برداری و ارزشیابی طرحها.

- پرهیز از دوباره کاریها و اتلاف منابع مالی و غیر مالی کشور.

- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات معتبر تهیه کننده استاندارد.

ضمن تشکر از بخش عمران آب مهندسین مشاور شهر، برای بررسی و اظهارنظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با به کارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیتهای کشور تلاش نموده و صاحب‌نظران و متخصصان نیز با اظهارنظرهای سازنده، در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور

## ترکیب اعضای کمیته

این نشریه با مشارکت اعضای کمیته فنی شماره ۱۳-۲ (ژئوفیزیک) طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور تهیه و تنظیم شده، که اسامی آنها به ترتیب الفبا به شرح زیر است:

آقای علی اکبر اسلامی	فوق لیسانس ژئوفیزیک
آقای متوجه بهاور	دکترای ژئوفیزیک
آقای حسن حاجب حسینی	دکترای فیزیک
خانم وحیده زرگر صالح	فوق لیسانس ژئوفیزیک
آقای فرهنگ شیروانی	لیسانس زمین‌شناسی - کارشناس ژئوفیزیک
آقای علی نصیریان	لیسانس زمین‌شناسی - کارشناس ژئوفیزیک
آقای غلامحسین نوروزی	دکترای ژئوفیزیک

## فهرست مطالب

صفحه		عنوان
۱		مقدمه -۱
۱		کلیات ۱-۱
۱		تعاریف ۲-۱
۱		نقشه‌های و مدارک ۱-۲-۱
۲		گونه‌های مطالعاتی ۲-۲-۱
۲		مطالعات آبرفت ۱-۲-۲-۱
۲		مطالعات ساختگاه ۲-۲-۲-۱
۲		محدوده مطالعات ۳-۲-۱
۲		مطالعات منطقه‌ای ۱-۳-۲-۱
۳		مطالعات ناحیه‌ای ۱-۳-۲-۱
۳		مطالعات محلی ۳-۳-۲-۱
۳		گستره مطالعات ۴-۲-۱
۳		مطالعات شناسایی ۱-۴-۲-۱
۳		مطالعات تفصیلی ۲-۴-۲-۱
۴		مطالعات تکمیلی ۳-۴-۲-۱
۵		استاندارد روشهای مقاومت ویژه الکتریکی -۲
۵		شیوه گمانهزنی الکتریکی ۱-۲
۵		هدف ۱-۱-۲
۵		برنامه‌ریزی ۲-۱-۲
۵		مدارک موردنیاز ۱-۲-۱-۲
۵		انتخاب آرایه ۲-۲-۱-۲
۶		انتخاب فاصله برداشت ۳-۲-۱-۲
۶		پارامترهای اندازه‌گیری ۴-۲-۱-۲
۹		اجرا ۳-۱-۲
۹		پیاده کردن نقاط برداشت ۱-۳-۱-۲
۹		اندازه‌گیری ۲-۳-۱-۲

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۰	۱-۲-۳-۱-۲ دستگاهها و تجهیزات
۱۰	۲-۲-۳-۱-۲ مقاومت الکتروودی
۱۱	۴-۱-۲ تهیه گزارش
۱۱	۱-۴-۱-۲ نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری
۱۲	۲-۴-۱-۲ مقطعهای هم مقاومت ویژه ظاهری
۱۲	۳-۴-۱-۲ مقطعهای ژئوالکتریک
۱۲	۴-۴-۱-۲ نقشه هم ضخامت آبرفت و یا هم عمق سنگ کف
۱۲	۵-۴-۱-۲ نقشه هم ارتفاع سنگ کف
۱۲	۶-۴-۱-۲ نقشه پربندی مقاومت عرضی
۱۳	۷-۴-۱-۲ متن گزارش
۱۳	۱-۷-۴-۱-۲ مقدمه گزارش
۱۳	۲-۷-۴-۱-۲ موقعیت جغرافیایی و مشخصه‌های نقاط برداشت
۱۳	۳-۷-۴-۱-۲ زمین‌شناسی کلی منطقه
۱۳	۴-۷-۴-۱-۲ جدول مقاومت ویژه
۱۴	۵-۷-۴-۱-۲ شرح نقشه‌های پربندی مقاومت ویژه ظاهری
۱۴	۶-۷-۴-۱-۲ شرح نقشه‌های هم ضخامت آبرفت
۱۴	۷-۷-۴-۱-۲ نقشه RT (مقاومت عرضی)
۱۴	۸-۷-۴-۱-۲ جمعبندی و پیشنهادها
۱۵	۵-۱-۲ تهیه برنامه آتی
۱۵	۲-۲ شیوه پروفیل زنی الکتریکی
۱۵	۱-۲-۲ هدف
۱۵	۲-۲-۲ برنامه‌ریزی
۱۵	۱-۲-۲-۲ مدارک موردنیاز
۱۵	۲-۲-۲-۲ انتخاب آرایه
۱۷	۳-۲-۲ اجرا
۱۷	۴-۲-۲ تهیه گزارش

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
استاندارد علامتها و مشخصه‌های نقشه‌ها، مقطعها و نمودارهای الکتریک	-۳
۱۸	
نقشه موقعیت	۱-۳
۱۹	
نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری	۲-۳
۱۹	
نقشه‌های هم عمق سقف کف، هم ارتفاع سنگ کف و هم ضخامت رسوبات آبرفتی	۳-۳
۲۱	
نقشه هم مقاومت عرضی (RT)	۴-۳
۲۲	
مقطع هم مقاومت ویژه ظاهری	۵-۳
۲۲	
مقطع ژئالکتریک	۶-۳
۲۴	
نمودارهای پروفیل زنی	۷-۳
۲۵	
مقطع هم مقاومت ویژه ظاهری قطبی - دوقطبی و یا دوقطبی - دوقطبی	۸-۳
۲۶	
راهنمای نقشه‌ها	۹-۳
۲۷	
بخش بالایی (عنوان)	۱-۹-۳
۲۷	
بخش میانی (راهنما)	۲-۹-۳
۲۷	
بخش پایینی (سایر اطلاعات)	۳-۹-۳

## ۱-۱ کلیات

برنامه‌ریزی و انجام‌دادن بررسیهای ژئوفیزیکی در مراحل مختلف طرح باید متناسب با اهداف هر مرحله و ابعاد منطقه مورد مطالعه باشد. در این نشریه عاملهای موردنیاز برای بررسی و اندازه‌گیریهای لازم متناسب با دامنه کار مشخص شده است. عاملهای مورد بررسی به قرار زیر است:

- تقسیم نقشه‌های مورد استفاده براساس کاربرد آنها در سه مقیاس کوچک، متوسط و بزرگ
- گونه‌های مطالعاتی براساس، چگونگی محل به دو گونه آبرفت و ساختگاه
- محدوده مطالعات براساس وسعت محدوده به سه گروه، منطقه‌ای، ناحیه‌ای و محلی، همخوان با مقیاس نقشه‌ها
- گستره مطالعات براساس اهداف مطالعه در سه گروه، شناسایی، تفصیلی و تکمیلی

در این نشریه روشهای الکتریکی شامل: دوشیوه‌گمانه زنی الکتریکی (VES) و پروفیل زنی الکتریکی استاندارد شده است. این استانداردها شامل: برنامه ریزی، اجرا و تهیه گزارش است. استاندارد برنامه‌ریزی مشتمل بر: مدارک موردنیاز، توصیه در انتخاب آرایه، انتخاب فاصله برداشت و پارامترهای اندازه‌گیری است. استاندارد اجرا در برگیرنده، پیاده کردن نقاط برداشت، دستورالعملهای مربوط به دستگاهها، تجهیزات و مقاومت الکترودی است. استاندارد تهیه گزارش، با توجه به "استاندارد علامتها و مشخصه‌های نقشه‌های ژئوفیزیکی" و همخوانی با نقشه‌های مقیاس بندی شده، براساس داده‌های صحرایی و تفسیر آنها شامل: توصیه‌هایی برای تهیه نقشه‌ها، مقطعها و نمودارهای الکتریکی است.

توجه:

مطلوب عنوان شده در این نشریه همانگ با مفاهیم ارائه شده در نشریه «شناخت مطالعات الکتریک به روش مقاومت ویژه» است و برای کسب اطلاعات بیشتر پیرامون واژه‌ها و مفاهیم به کار برده شده در این استاندارد، خوانندگان می‌توانند به نشریه یاد شده مراجعه کنند.

## ۲-۱ تعاریف

### ۱-۲-۱ نقشه‌ها و مدارک

کلیه نقشه‌ها و مدارک بر اساس مقیاس آنها به سه دسته کوچک، متوسط و بزرگ مقیاس به شرح زیر تقسیم می‌گردد:

- نقشه‌های کوچک مقیاس با مقیاس کوچکتر از ۱/۵۰۰۰۰
- نقشه‌های متوسط مقیاس با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰ تا ۱/۵۰۰۰۰
- نقشه‌های بزرگ مقیاس با مقیاس بزرگتر از ۱/۱۰۰۰۰

### ۲-۲-۱ گونه‌های مطالعاتی

مطالعات براساس محلی که بر روی آن بررسی صورت می‌گیرد به دو گونه مطالعات آبرفت و مطالعات ساختگاه تقسیم می‌گردد.

### ۱-۲-۲-۱ مطالعات آبرفت

این گونه مطالعات برروی مناطق آبرفتی صورت می‌گیرد و هدف از آن بررسی تغییرات ضخامت و دانه‌بندی آبرفت و در حد امکانات روش، بررسی وجود و همچنین کیفیت آب است. در این مطالعات وجود احتمالی ناپیوستگی در سنگ کف نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. این گروه از مطالعات اکثراً در چارچوب مطالعات تأمین آب صورت می‌گیرد و جنبه اکتشافی خواهد داشت.

تذکر: روند مطالعات ژئوفیزیک به منظور پیگرد منابع آب در سازندهای سخت و کارستیک نیز کم و بیش مشابه مطالعات آبرفت است. با در نظر گرفتن اینکه اجرای عملیات صحراوی و نیز تعبیر و تفسیر برداشتها دشوارتر است.

### ۲-۲-۲-۱ مطالعات ساختگاه

هدف از این گونه مطالعات که معمولاً در محل احداث سازه‌های مختلف (بدون درنظرگرفتن نوع سازند، نرم یا سخت) از جمله سازه‌های آبی صورت می‌گیرد، پاسخگویی به سوالها و ابهامهای مهندسی در حد امکانات روشهای ژئوفیزیکی است. این نوع بررسیها معمولاً جنبه مهندسی خواهد داشت.

### **۳-۲-۱ محدوده مطالعات**

مطالعات براساس وسعت محدوده مورد مطالعه به سه گروه منطقه‌ای، ناحیه‌ای و محلی به شرح زیر تقسیم می‌شود:

#### **۱-۲-۱ مطالعات منطقه‌ای**

مطالعاتی است که می‌توان با دقت قابل قبول (با توجه به اهداف مطالعه) بر روی نقشه‌های کوچک مقیاس انجام داد.

#### **۲-۳-۱ مطالعات ناحیه‌ای**

مطالعاتی است که می‌توان با دقت قابل قبول (با توجه به اهداف مطالعه) بر روی نقشه‌های متوسط مقیاس انجام داد.

#### **۳-۳-۱ مطالعات محلی**

مطالعاتی است که می‌توان با دقت قابل قبول (با توجه به اهداف مطالعه) بر روی نقشه‌های بزرگ مقیاس انجام داد.

### **۴-۲-۱ گستره مطالعات**

مطالعات براساس اهداف مطالعه در سه گروه شناسایی، تفصیلی و تکمیلی صورت می‌گیرد.

#### **۱-۴-۲-۱ مطالعات شناسایی**

در مطالعات شناسایی هدف تعیین نیاز به انجام دادن یا ندادن مطالعات بیشتر و تشخیص امکانات و محدودیتهای طرح از دیدگاه روش مقاومت ویژه است. در این مطالعات با استفاده از کلیه اطلاعات و نقشه‌ها، با مقیاس مناسب، و با انجام دادن اندازه‌گیریهای مقدماتی برای تعیین اولویت بررسی بخش‌های مختلف منطقه و روش‌های مناسب ژئوفیزیکی برای استفاده در برنامه‌ریزی مطالعات بعدی اقدام خواهد شد.

روش بررسیهای مقاومت ویژه در مطالعات شناسایی متناسب با وضعیت زمین‌شناختی منطقه، ناحیه یا محدوده و با توجه به نوع پروژه موردنظر و طبیعت سوالهایی که در مطالعات مشابه مطرح بوده است، انتخاب می‌گردد. توضیح: کارفرما باید با توجه به اهداف طرح، مقیاس مناسب برای نقشه‌ها را تعیین و با در اختیار قراردادن این نقشه‌ها و مدارک، مطالعات شناسایی را در مقیاس موردنظر درخواست نماید.

## **۲-۴-۲-۱ مطالعات تفصیلی**

در مطالعات تفصیلی بخش‌های مختلف منطقه براساس اولویت‌های تعیین شده در مطالعات شناسایی با چگالی بیشتر برداشت‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مطالعات با به کارگیری روش‌های توصیه شده در مطالعات شناسایی، به سوالات زمین‌شناسی و نکتونیکی در حد امکانات روش‌های به کار برده شده پاسخ داده خواهد شد.

توضیح: کارفرما می‌تواند براساس تلفیق نتایج مطالعات تفصیلی و نتایج سایر بررسیها از جمله حفاری‌های اکتشافی، با نظر مشاور برای پیشنهاد مطالعات تکمیلی ژئوفیزیکی با حجم محدود اقدام کند.

## **۳-۴-۲-۱ مطالعات تکمیلی**

در مطالعات تکمیلی بخش‌هایی خاص از منطقه براساس ابهامها و تناظرها پیش‌آمده احتمالی و یا بی‌هنگاری‌های مشاهده شده در مراحل مختلف مطالعات طرح مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## ۲- استاندارد مطالعات الکتریک به روش مقاومت ویژه

در مطالعات مقاومت ویژه الکتریکی از دو شیوه گمانه‌زنی الکتریکی (VES<sup>۱</sup>) و پروفیل گمانه‌زنی الکتریکی استفاده می‌شود:

### ۱-۲ شیوه گمانه‌زنی الکتریکی

#### ۱-۱-۲ هدف

هدف از گمانه‌زنی الکتریکی بررسی تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی با عمق است.

#### ۲-۱-۲ برنامه‌ریزی

برنامه‌ریزی مطالعات گمانه‌زنی الکتریکی، مناسب با اهداف پژوهه و امکانات محلی برای اجرای عملیات صورت می‌گیرد.

#### ۱-۲-۱-۲ مدارک مورد نیاز

مدارک مورد نیاز شامل: نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسخنی، عکس‌های هوایی و یا ماهواره‌ای و سایر اطلاعات مربوط می‌گردد. مقیاسهای زیر در رابطه با عکسها و نقشه‌ها توصیه می‌شود:

- در گستره شناسایی مطالعات آبرفت، حداقل نقشه‌های کوچک مقیاس و در گستره مطالعات تفصیلی و تکمیلی آن نقشه‌ها و عکس‌های متوسط و بزرگ مقیاس
- در کلیه گستره‌های مطالعات ساختگاه نقشه‌ها و عکس‌های بزرگ مقیاس

#### ۲-۲-۱-۲ انتخاب آرایه

برای گمانه‌زنی الکتریکی بهتر است از آرایه چهارقطبی شلومبرژه استفاده شود. تحت شرایط ویژه استفاده از سایر آرایه‌ها به شرح زیر توصیه می‌شود:

- در صورت وجود محدودیت در گسترش کابلها، استفاده از آرایه هامل یا دوقطبی - دوقطبی

---

1- Vertical Electric Sounding

- در صورت شیب بیش از ۱۵ درجه برای لایه‌ها، استفاده از آرایه دوقطبی - دوقطبی
- در صورت پایین بودن اختلاف پتانسیل به علت مقاومت زیاد لایه سطحی و عدم امکان اندازه‌گیری بادقت مطلوب، به شرط آنکه کلیه اقدامها برای افزایش اختلاف پتانسیل موثر نباشد، استفاده از آرایه و نر

### ۳-۱-۲ انتخاب فاصله برداشت

به منظور دستیابی به پوششی مطلوب از محدوده مورد مطالعه، فواصل برداشت زیر توصیه می‌گردند:

- در گستره شناسایی مطالعات آبرفت، فاصله خطهای برداشت از یکدیگر حداقل ۲ کیلومتر و فاصله نقاط برداشت یک کیلومتر انتخاب می‌شود.
- در گستره تفصیلی و تکمیلی مطالعات آبرفت، فاصله خطهای برداشت و فاصله نقاط برداشت از یکدیگر براساس نتایج مطالعات شناسایی تعیین می‌شود. فاصله خطهای برداشت معمولاً بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر و فاصله نقاط برداشت بین ۵۰ تا ۵۰۰ متر براساس اطلاعات موجود انتخاب می‌شود.
- در گستره شناسایی مطالعات ساختگاه، فاصله خطهای برداشت از یکدیگر با توجه به تنوع شرایط و با درنظر گرفتن اهداف مطالعه و در چارچوب تعریف مطالعات شناسایی (نگا. ۱-۴-۲-۱) تعیین می‌شود.
- در گستره مطالعات تفصیلی و تکمیلی مطالعات ساختگاه، فاصله خطهای برداشت بین ۵۰ تا ۲۰۰ متر و فاصله نقاط برداشت بین ۲۰ تا ۱۰۰ متر تعیین می‌شود. در هر حال فاصله خطهای برداشت از یکدیگر بر حسب نتایج حاصل از مطالعات شناسایی و ویژگیهای گزینه‌ها تعیین می‌شود.

### ۴-۲-۱-۲ پارامترهای اندازه‌گیری

جدولهای ۱-۲، ۲-۲، ۳-۲ و ۴-۲ نمونه‌هایی از جدولهای برداشت صحرایی را برای آرایه‌های مختلف نشان می‌دهد. قابل توجه است که روند گسترش خطهای برداشت باید عمود بر امتداد بی‌هنجری موردنظر و در صورت نامشخص بودن امتداد بی‌هنجریها، عمود بر لایه‌ها انتخاب شود.

- به منظور افزایش دقت اندازه‌گیریها، استفاده از پارامترهای زیر در شرایط متعارف توصیه می‌شود:
- در مطالعات آبرفت برای آرایش شلومبرژه حداقل طول AB برابر ۶ متر و طول MN برابر ۲ متر و افزایش طول AB متناسب با  $\sqrt{2}$  توصیه می‌شود. حداقل طول AB باید متناسب با بیشینه عمق مورد بررسی باشد؛ ولی در شرایط متعارف بیش از ۲۰۰۰ متر نخواهد بود. عمق بررسی با توجه به شرایط زمین به صورت زیر برآورد می‌شود:
  - در زمینهایی با توالی لایه‌بندی هادی به مقاوم حداقل AB/۹
  - در زمینهایی با توالی لایه‌بندی مقاوم به هادی حداقل AB/۲

جدول ۲-۱ جدول صحرایی آرایه شلومبرگ با فواصل مساوی لگاریتمی

جدول ۲-۲ جدول صحرایی آرایه شلومبرگ با فواصل مساوی لگاریتمی گردند

OA	MN	K	$\Delta V$	I	P a
1	0.5	5.9			
1.5	0.5	13.7			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	2	12.6			
5	2	37.7			
7	2	75.4			
10	2	155.5			
10	5	58.9			
15	5	137.4			
20	5	247.4			
30	5	561.6			
40	5	1001.4			
50	5	1566.9			
50	20	377.0			
70	5	3074.8			
70	20	754.0			
100	20	1555.1			
150	20	3518.6			
200	20	6267.5			
200	80	1508.0			
300	20	14121.5			
300	80	3471.5			
400	80	6220.4			
500	80	9754.6			

OA	MN	K	$\Delta V$	I	p a
1	0.5	5.9			
1.5	0.5	13.7			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	2	12.6			
5	2	37.7			
7	2	75.4			
10	2	155.5			
10	5	58.9			
15	5	137.4			
20	5	247.4			
30	5	561.6			
40	5	1001.4			
50	5	1566.9			
50	20	377.0			
70	5	3074.8			
70	20	754.0			
100	20	1555.1			
150	20	3518.6			
200	20	6267.5			
200	80	1508.0			
300	20	14121.5			
300	80	3471.5			
400	80	6220.4			
500	80	9754.6			

جدول ۲-۳ جدول صحرائی آرایه هامل با فواصل لگاریتمی گرد شده

$a$	K	$\Delta V$	I	$\rho_a$	OA	MN	K	$\Delta V$	I	$\rho_a$
1	6.3				1	0.5	11.8			
1.5	9.4				1.5	0.5	27.5			
2	12.6				2	0.5	49.5			
3	18.8				3	0.5	112.3			
5	31.4				3	2	25.1			
7	44.0				5	2	75.4			
10	62.8				7	2	150.8			
15	94.2				10	2	311.0			
20	125.7				10	5	117.8			
30	188.5				15	5	274.9			
40	251.3				20	5	494.8			
50	314.2				30	5	1123.1			
70	439.8				40	5	2002.8			
100	628.3				50	5	3133.7			
150	942.5				50	20	754.0			
200	1256.6				70	5	6149.7			
300	1885.0				70	20	1508.0			
400	2513.3				100	20	3110.2			
500	3141.6				150	20	7037.2			

جدول ۲-۴ جدول صحرائی آرایه دو با فواصل لگاریتمی گرد شده

$a$	K	$\Delta V$	I	$\rho_a$	OA	MN	K	$\Delta V$	I	$\rho_a$
1	6.3				1	0.5	11.8			
1.5	9.4				1.5	0.5	27.5			
2	12.6				2	0.5	49.5			
3	18.8				3	0.5	112.3			
5	31.4				3	2	25.1			
7	44.0				5	2	75.4			
10	62.8				7	2	150.8			
15	94.2				10	2	311.0			
20	125.7				10	5	117.8			
30	188.5				15	5	274.9			
40	251.3				20	5	494.8			
50	314.2				30	5	1123.1			
70	439.8				40	5	2002.8			
100	628.3				50	5	3133.7			
150	942.5				50	20	754.0			
200	1256.6				70	5	6149.7			
300	1885.0				70	20	1508.0			
400	2513.3				100	20	3110.2			
500	3141.6				150	20	7037.2			

#### AB/۴ به طور معمول

در شرایط متعارف عمق بررسی به منظور برنامه ریزی  $4/AB$  در نظر گرفته می‌شود.

در مطالعات ساختگاه برای آرایش شلومبرژه حداقل طول AB برابر  $2\text{ متر}$  و طول MN برابر  $5^{\circ}\text{ متر}$  و افزایش طول AB متناسب با  $\sqrt{2}$  توصیه می‌شود. برای اندازه گیریهای بعدی طول MN باید کمتر از  $40\%$  طول OA باشد. سایر شرایط ذکر شده در بالا برای مطالعات آبرفت در مورد مطالعات ساختگاه نیز صادق خواهد بود. حداکثر طول AB در مطالعات ساختگاه معمولاً کمتر از  $2000\text{ متر}$  است.

### ۳-۱-۲ اجرا

پس از برنامه ریزی، اجرای عملیات صحراجی طی مراحل زیر صورت می‌گیرد:

#### ۱-۳-۱-۲ پیاده کردن نقاط برداشت

موقعیت نقاط برداشت براساس برنامه ریزیهای قبلی از طریق روشهای زیر پیاده خواهد شد:

در مطالعات آبرفت در گستره شناسایی و تفصیلی، در صورت موجود بودن عوارض و نشانه‌های صحراجی، استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و یا عکس‌های هوایی و آلتیمترا برای پیاده کردن نقاط کافی خواهد بود.

در مطالعات آبرفت در گستره تکمیلی، به ویژه در پیگیری خطواره‌های تکتونیکی، در صورت موجود نبودن نقشه‌های توپوگرافی بزرگ مقیاس، پیاده نمودن نقاط سوندایز با استفاده از برداشت‌های نقشه‌برداری صورت خواهد گرفت.

در مطالعات ساختگاه، در همه گستره‌های مطالعاتی، در صورت موجود نبودن نقشه‌های توپوگرافی بزرگ مقیاس، پیاده نمودن نقاط سوندایز با استفاده از برداشت‌های نقشه‌برداری صورت خواهد گرفت.

توضیح: بدیهی است که عملیات نقشه‌برداری موردنیاز خارج از چارچوب قرارداد ژئوفیزیک است.

#### ۲-۳-۱-۲ اندازه گیری

اندازه گیریهای صحراجی یکی از ارکان اساسی و تعیین کننده میزان دقت و نیز قابل اطمینان بودن نتایج بررسی است.

توجه به نکات زیر به هنگام اندازه گیری ضروری است:

#### ۱-۲-۳-۱-۲ پرسنل

یک گروه صحراجی شامل: یک نفر تکنسین، یک نفر مهندس ژئوفیزیک و متناسب با عملیات صحراجی بین ۲ تا ۷ نفر

کارگر است. تکنسین و کارگران در تمام مدت عملیات صحرایی با گروه کار می‌کنند و مهندس ژئوفیزیک بعنوان سرپرست اکیپ، برنامه‌ریزی و کنترل برنامه‌ها را بر عهده خواهد داشت. مهندس مسئول موظف است، ابتدا نقاط برداشت در روی نقشه‌ها را با محل آنها بر روی زمین تطبیق دهد و در پایان، اندازه‌گیریها را کنترل (وارسی) و از صحت عملیات صحرایی اطمینان کامل حاصل نماید.

### ۲-۳-۱-۲ دستگاه‌ها و تجهیزات

اندازه‌گیریها باید با دقت کامل و با استفاده از دستگاه‌های مطمئن صورت گیرد. دستگاه‌ها باید پتانسیل و جریان (یا نسبت آنها) را با دقت زیاد (حدود  $\pm 1\%$ ) اندازه‌گیری نمایند. قرائتها باید عاری از خطای حاصل از قطبش الکترودی، پتانسیل ناشی از تماس الکترود با زمین و همچنین جریانهای طبیعی زمین باشد. دو اشکال عمدۀ صحرایی که باید از آنها پرهیز کرد: نشت جریان به زمین به علت زدگی و یا عایق ضعیف سیمهای جریان و نشت جریان به مدار پتانسیل به علت مرطوب بودن دستگاه و یا مجاورت سیمهای جریان با هم است.

### ۳-۱-۲-۳ مقاومت الکترودی

مقاومت الکترودها معمولاً در حد چند هزار اهم است و مقادیر بزرگتر حساسیت دستگاه را کاهش می‌دهد. مقاومت زیاد الکترودهای جریان باعث شارش کم جریان و مقاومت زیاد الکترودهای پتانسیل سبب حساسیت کم و ابهام در قرائت پتانسیل خواهد شد.

به طور خلاصه برای کاربردهای صحرایی مقاومت الکترودایی به قطر ۲۵ میلیمتر زیر یادآوری می‌شود:

$R = 1/65 \rho$  یک میله فلزی که ۴۰ سانتیمتر در زمین فرو رفته باشد:

$R = 0/6 \rho$  یک جفت میله فلزی با فاصله یک متر و متصل به هم:

$R = 0/8 \rho$  یک میله بزرگ که یک متر در زمین فرو رفته باشد:

$R \approx 0/2 \rho$  ۱۰ میله بزرگ (دیلم) به فواصل یک متر از هم:

که در آن  $R$  مقاومت الکترود و  $\rho$  مقاومت ویژه زمین است. بنابراین هرچه الکترودهای جریان در زمین بیشتر فرو روند، مقدار مقاومت سر راه جریان کمتر است. لازم به یادآوری است که به هنگام استفاده از چند الکترود در یک نقطه، فاصله آنها باید بیش از عمق فرورفتگی آنها در زمین باشد.

برای کاهش مقاومت الکترودی اقدامات زیر توصیه می‌شود:

- الکترودها در صورت امکان با زمین مرطوب در تماس باشند. این رطوبت گاه در چند سانتیمتری و گاه در عمق یک متر و بیشتر قابل دسترسی است.
- دو الکترود یا بیشتر را که به فاصله یک تا دو متر از هم قرار گرفته و به صورت موازی به هم وصل شده‌اند به کار برده شود.
- آب یا آب نمک در اطراف الکترودها ریخته شود. توجه: برای کاهش مقاومت الکترودهای پتانسیل و برای جلوگیری از پتانسیل تماسی، از آب بدون اضافه نمودن نمک استفاده می‌شود.
- در صورت بروز اشکال در اندازه‌گیری پتانسیل بر اثر تماس الکترودهای فلزی پتانسیل با زمین، استفاده از الکترودهای سفالی الزامی است.

#### ۴-۱-۲ تهیه گزارش

برای تهیه گزارش تفسیر سوندazهای الکتریک، محل گمانه‌های الکتریک برداشت شده باید بر روی نقشه‌ای (نقشه موقعیت) با مقیاسی مناسب با سایر مطالعات به طور اعم و خصوصاً نقشه زمین‌شناختی آورده شود(نگا. بخش ۳). براساس داده‌های صحراوی و تفسیر آنها، گزارش نهایی باید شامل: نقشه‌ها، مقطعها و نمودارهای زیر و شرح آنهایی باشد.

#### ۴-۱-۳ نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری

این نقشه که مشخص کننده کیفیت تغییرات مقاومت ویژه ظاهری به ازای طول معینی از فاصله بین الکترودهای فرستنده جریان (AB) است، وضع عمومی تغییرات مقاومت ویژه الکتریک در منطقه را تا عمق بررسی نشان می‌دهد. در مطالعات آبرفت برای تعیین مناطق با مقاومتها ویژه ظاهری متفاوت و گسترش این نواحی در سطح و از سطح به عمق، لاقل تهیه سه نقشه پربندی زیر ضروری است:

- برای عمقی کمتر از سطح آب زیرزمینی
- برای عمق متوسط آبخوان
- برای عمق متوسط سنگکف

با مقایسه این سه نقشه گسترش نواحی مختلف با مقاومتها ویژه کم، متوسط و زیاد، وضع رسوبگذاری، برای افزایش و یا کاهش شوری آب و گسترش سازندهای مختلف در منطقه باید مورد بحث قرار گیرد. این نقشه‌ها باید با آگاهی کامل از وضع زمین‌شناختی و نحوه قرار گرفتن لایه‌ها تهیه گردد. در کلیه مطالعات نحوه تهیه این نقشه‌ها باید

در حدی باشد که جوابگوی ابهامات موجود بوده و ارائه نقشه‌ها در استفاده از هر نوع آرایه‌ای باید متناسب با طبیعت روش به کاررفته باشد.

در مطالعات ساختگاه، به منظور بررسی تغییرات مقاومت‌های ویژه ظاهری در سطح منطقه و از سطح به عمق نقشه‌هایی برای عمقهای کم، متوسط و زیاد، با درنظر گرفتن هدف مطالعه تهیه می‌شود. با مقایسه نقشه‌های تهیه شده، گسترش نواحی مختلف با مقاومت‌های ویژه کم، متوسط و زیاد، وضع رسوبات پوششی، حضور ناپیوستگی و یا گسلهای احتمالی و همچنین سلامت نسبی سنگها از نظر خردشدنگی و هوازگی باید در حد امکانات روش به کاررفته آشکار شود.

#### ۲-۴-۱-۲ مقطعهای هم مقاومت ویژه ظاهری

براساس نتایج تفسیر نقشه‌های هم مقاومت ویژه ظاهری و به منظور پیگرد بی‌هنجریهای مشاهده شده در آنها و بررسی کیفی تغییرات مقاومت ویژه ظاهری از سطح به عمق، مقطعهای هم مقاومت ویژه ظاهری در امتداد خطوط برداشت ماربری‌هنجاریها تهیه می‌گردند. تفسیر این مقطعها باید با آگاهی از لایه‌های سطحی و طبقات زیرزمینی انجام گیرد، چراکه عدم توجه به مقاومت‌های لایه‌های سطحی و لایه‌های عمیق ممکن است نتایج گمراه کننده‌ای به همراه داشته باشد.

#### ۳-۴-۱-۲ مقطعهای ژئوالکتریک

نتیجه تفسیر گمانه‌های الکتریکی که بر روی یک خط برداشت قرار دارند به صورت مقطعهای ژئوالکتریک (مقاومت ویژه حقیقی) نشان داده می‌شوند. این مقطعها باید در برگیرنده اطلاعات زیر باشد:

- توپوگرافی سطح زمین در امتداد خط برداشت مربوط با مقیاس قائم مناسب، که باید بزرگتر از  $1^{\circ}$  برابر مقیاس افقی باشد.
- منظور نمودن لایه‌بندی الکتریک براساس تفسیر نمودار سوندمازهای الکتریک با مقیاس توپوگرافی
- دسته‌بندی لایه‌های الکتریک براساس مقاومت ویژه حقیقی آنها، روند سوندمازهای الکتریک مربوط، اطلاعات گمانه‌های اکتشافی و اطلاعات زمین‌شناختی

#### ۴-۴-۱-۲ نقشه هم‌ضخامت آبرفت یا هم‌عمق سنگ کف

در صورت نیاز به تعیین ابعاد هندسی آبخوان در مطالعات آبرفتی و یا ابعاد هندسی منابع قرضه و روبار در مطالعات

ساختگاه، نقشه هم ضخامت آبرفت یا هم عمق سنگ کف باید تهیه شود. تهیه این نوع نقشه‌ها منوط به مشخص بودن سنگ کف در همه و یا اکثر نمودارهای گمانه‌های الکتریک است.

#### ۵-۴-۱-۲ نقشه هم ارتفاع سنگ کف

در صورت نیاز به تعیین نقشه هم ارتفاع سنگ کف و در اختیار بودن ارتفاع نسبی یا مطلق نقاط برداشت، این نقشه باید تهیه گردد.

#### ۶-۴-۱-۲ نقشه پربند مقاومت عرضی

برای تهیه نقشه مقاومت عرضی، اطلاعات مربوط به سطح ایستابی آبهای زیرزمینی کل منطقه می‌بایست از طرف کارفرما در اختیار مشاور قرار داده شود. تفسیر این نقشه‌ها باید همانگ با نقشه‌های هم مقاومت ویژه ظاهری و مقاطع ژئالکتریک صورت گیرد.

#### ۷-۴-۱-۲ متن گزارش

بررسیهای مقاومت ویژه بر حسب برنامه‌های انجام شده صحرایی و تفسیر نتایج، همراه نقشه‌ها و نمودارها در متن گزارش که مشتمل بر: شرح، نتیجه‌گیری و پیشنهادهای است به صورت زیر ارائه می‌شود:

#### ۱-۷-۴-۱-۲ مقدمه گزارش

مقدمه گزارش شامل: مشخصات قرارداد، هدف و روش مطالعه، مدت کار صحرایی، معرفی مطالعات ژئوفیزیکی قبلی (در صورت موجود بودن)، نقشه‌ها و اطلاعات موجود زمین‌شناسی، برنامه‌ریزی، ترکیب افراد، تجهیزات، مسئولیت کارهای صحرایی و سایر شرایط عمومی است.

#### ۲-۴-۱-۲ موقعیت جغرافیایی و مشخصه‌های نقاط برداشت

موقعیت جغرافیایی شامل حدود، طول و عرض جغرافیایی، وضع توپوگرافی، هیدرولوژی منطقه (بارندگی، رودخانه‌های فصلی و غیرفصلی) و کلیه مطالب مربوط به شرایط جغرافیایی محدوده مورد بررسی است. این بخش همچنین باید در برگیرنده وسعت منطقه مورد مطالعه، تعداد نقاط برداشت و فوائل و امتداد کلی خطوط برداشت باشد.

### **۱-۲-۴-۳ زمین‌شناسی کلی منطقه**

زمین‌شناسی کلی منطقه شامل: زمین‌شناسی سازندهای حاشیه منطقه مورد مطالعه است. در مطالعات آبرفت اشاره به زمین‌شناسی آب شامل: تقسیم‌بندی آبرفتها و برای مطالعات ساختگاه اشاره به زمین‌شناسی مهندسی ضروری است. توضیح: کلیه اطلاعات زمین‌شناسی باید طبق استاندارد کمیته هیدروژئولوژی و زمین‌شناسی مهندسی با مقیاس مناسب در اختیار مشاور قرار داده شود.

### **۱-۲-۴-۴ جدول مقاومت ویژه**

در این جدول حدود تغییرات مقاومت ویژه سازندهای مختلف مورد مطالعه مشخص می‌شود.

### **۱-۲-۴-۵ شرح نقشه‌های پربندی مقاومت ویژه ظاهری**

این بخش در برگیرنده شرح نواحی و مناطق با مقاومتهای ویژه کم، متوسط و زیاد، علت تغییرات مقاومت ویژه، ارتباطات با نقشه‌های زمین‌شناسی، ارتباط این نقشه با نقشه تغییرات کیفیت آبهای زیرزمینی و مقایسه نقشه‌های پربندی با طولهای مختلف AB و نتیجه‌گیری از آنهاست.

### **۱-۲-۴-۶ شرح مقطعهای پربندی مقاومت ویژه ظاهری**

شرح مقطعهای پربندی مقاومت ویژه ظاهری در برگیرنده توضیح کیفی در مورد علل احتمالی حضور زونهایی با مقاومت ویژه ظاهری پایین یا بالاکه در مقطع مشاهده می‌شوند، تغییر ناگهانی روند پربندها و همچنین چگونگی تغییر مقدارهای پربندی با عمق و یا به صورت جانبی است. در هر حال توضیحات ارائه شده باید با در نظر گرفتن روند لایه‌ها بخصوص سنگ کف باشد.

### **۱-۲-۴-۷ شرح مقطعهای ژئوالکتریک**

شرح مقطعهای ژئوالکتریک باید شامل: تفسیر کمی لایه‌های مشاهده شده، نحوه دسته‌بندی آنها، ارتباط آنها با رخنمونهای منطقه و همچنین ارتباط آنها با اطلاعات حفاری موجود باشد در نهایت هر نوع اظهارنظری که براساس تغییرات مقاومت ویژه مشاهده شده در مورد تغییر ویژگیهای فیزیکی لایه‌ها با عمق یا تغییر جانبی صورت می‌گیرد می‌باشد در نظر گرفته شود. اشاره به هرنوع ناپیوستگی احتمالی به صورت گسله یا همبریها باید در شرح مقطعها منظور شود. در صورت مشاهده سنگ کف، اظهارنظر درمورد آن باید در شرح مقطعها آورده شود.

## ۲-۱-۴-۷-۸ شرح نقشه‌های هم‌ضخامت آبرفت

در این بخش از گزارش عوامل و یا پدیده‌هایی که در این نقشه دیده می‌شود و همچنین مناطق با ضخامت زیاد توضیح داده می‌شود.

## ۲-۱-۴-۷-۹ شرح نقشه RT (مقاومت عرضی)

تعیین و شرح مسیرهای آب زیرزمینی یا مسیلهای آبرفتی و یا مخروط افکنهای، وجود گسل‌ها، ارتباط مسیرهای با دریچه‌های تغذیه در منطقه، تعیین حدود مناطق با آبدی خوب، متوسط، ضعیف و بد، مقایسه این نقشه با سایر نقشه‌ها و نتیجه‌گیری زمین‌شناسی از آنها در این بخش از گزارش آورده می‌شود.

## ۲-۱-۴-۷-۱۰ جمعبندی و پیشنهادها

این بخش شامل: جمعبندی کلیه بررسیهای صحرایی، دفتری و نتایج حاصله، پیشنهاد حفاریهای اکتشافی، و اشاره به نواقص در مطالعات و غیره است.

## ۵-۱-۲ تهیه برنامه‌آتی

در گستره مطالعات شناسایی اشاره به برنامه‌های آتی برای مطالعات تفصیلی، و در مطالعات تفصیلی اشاره به برنامه‌های آتی برای مطالعات تکمیلی شامل: تهیه برنامه، مدت لازم و روشهای پیشنهادی برای چاره‌جویی مسائل حل نشده ضروری است.

## ۲-۲ شیوه پروفیل زنی الکتریکی

## ۱-۲-۲ هدف

هدف از پروفیل زنی الکتریکی، بررسی تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی در امتداد خط برداشت و معمولاً در یک عمق تقریباً ثابت است.

## ۲-۲-۲ برنامه‌ریزی

برنامه‌ریزی مطالعات پروفیل زنی الکتریکی، مناسب با اهداف پروژه، امکانات محلی برای اجرای عملیات و نتایج تفسیر مطالعات گمانه‌زنی الکتریکی صورت می‌گیرد.

## ۱-۲-۲-۲ مدارک موردنبیاز

مدارک موردنبیاز برای برنامه‌ریزی مطالعات پروفیل زنی الکتریکی مشابه مدارک موردنبیاز برای مطالعات گمانه‌زنی الکتریکی به همراه نتایج حاصل شده از مطالعات گمانه‌زنی است.

## ۲-۲-۲-۲ انتخاب آرایه

برای پروفیل زنی الکتریکی بسته به هدف بررسی می‌توان از آرایه‌های مختلف (نگاره شناخت مطالعات الکتریک به روش مقاومت ویژه) استفاده کرد. در هر مورد، فاصله الکترودها و نحوه جابه‌جایی آنها براساس دقت موردنبیاز و آرایه انتخاب شده تعیین می‌شود. به هنگام انتخاب نوع آرایه باید به موارد زیر توجه داشت:

در مطالعاتی که هدف، بررسی تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی در یک عمق ثابت و در امتداد خط برداشت است، باید از آرایه‌های شلومبرژه، ونر و یا قطبی - دو قطبی بهره گرفت. برای عمقهای نسبتاً زیاد با توجه به کوچک‌بودن نسبی فاصله MN برای آرایه شلومبرژه، این آرایه دقت بیشتری را در اختیار قرار می‌دهد. بنابراین در شرایط معمول استفاده از آرایه شلومبرژه توصیه می‌شود. در صورتی که گسترش جانبی بی‌هنچاری موردنظر نسبت به عمق آن زیاد باشد و با توجه به طول AB، فاصله MN در آرایه ونر ( $MN=AB/3$ ) بتواند حداقل ۵ نقطه از بی‌هنچاری موردنظر را نمونه‌برداری نماید، استفاده از آرایه ونر با توجه به ساده‌تر بودن برداشت‌های صحراوی مجذب خواهد بود. استفاده از آرایه قطبی - دوقطبی و یا سایر آرایه‌ها تنها در موارد خاصی که شرایط زمین شناختی، توپوگرافی و اصولاً ماهیت بی‌هنچاری ایجاد کند، با ارائه استدلال علمی مجذب خواهد بود.

انتخاب طول AB مناسب برای آرایه‌های شلومبرژه و ونر باید براساس اطلاعات زمین‌شناختی و نتایج گمانه‌های الکتریکی موجود در منطقه صورت گیرد. اگر بی‌هنچاری زمین‌شناختی موردنظر در عمق h قرار داشته باشد، اندازه‌گیری با آرایه‌های شلومبرژه و ونر با سه طول مختلف AB ضروری است. در شرایط معمول در صورت استفاده از آرایه شلومبرژه طولهای AB برابر  $2h$ ،  $4h$  و  $8h$  در صورت استفاده از آرایه ونر، طولهای a برابر  $h$ ،  $1/5 h$  و  $2h$  توصیه می‌شود. در هر حال انتخاب فاصله AB مناسب باید با درنظر گرفتن نمودار گمانه‌های الکتریکی برداشت شده قبلی صورت گیرد.

انتخاب طول MN نسبت به AB برای آرایه شلومبرژه ۵ AB/۹ تا AB/۵ است. انتخاب طولهای MN کوچکتر از یک طرف باعث افزایش دقت اندازه‌گیریها و از طرف دیگر باعث افزایش حجم عملیات خواهد شد. در شرایط متعارف که در آن اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل بین الکترودهای M و N در حد مطلوب امکانپذیر باشد، استفاده از طول MN برابر ۹/AB توصیه می‌شود. در صورت پایین بودن اختلاف پتانسیل بین الکترودهای M و N، استفاده از طول MN برابر ۵/AB مجاز خواهد بود.

جابه‌جایی آرایه پس از هر قرائت در پروفیل زنی ساده برابر MN و در پروفیل زنی تکراری برابر ۲/MN است. در صورت تمایل به انجام دادن پروفیل زنی شناسایی، قبل از مطالعات مشروح، جابه‌جایی آرایه پس از هر قرائت برابر طول AB خواهد بود.

در مطالعاتی که هدف بررسی تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی در امتداد خط برداشت و با عمق است، باید از آرایه‌های دوقطبی - دوقطبی یا قطبی - دوقطبی بهره گرفت. در این آرایه‌ها مشکل اساسی پایین بودن اختلاف پتانسیل قابل اندازه‌گیری بین الکترودهای M و N است. فاصله الکترودها، نحوه جابه‌جایی و حداکثر فاصله الکترودهای پتانسیل از الکترودهای جریان باید با درنظر گرفتن اطلاعات موجود و براساس چگونگی توزیع نقاط در مقطع و ابعاد و موقعیت بی‌هنگاری با ارائه استدلال علمی کافی از پیش مشخص شود.

### ۳-۲-۲ اجرا

پس از برنامه‌ریزی، اجرای عملیات صحراوی طی مراحلی مشابه مطالعات گمانه‌زنی الکتریکی صورت می‌گیرد.

### ۴-۲-۲ تهییه گزارش

از آنجا که مطالعات پروفیل زنی معمولاً همراه با مطالعات گمانه‌زنی الکتریک صورت می‌گیرد، گزارش مطالعات پروفیل زنی نیز در همان چارچوب گزارش مطالعات گمانه‌زنی الکتریک ارائه خواهد شد. اطلاعات پروفیل زنی باید بر روی نقشه موقعیت و به صورت نمودار و یا مقطع هم مقاومت ویژه ظاهری بر حسب مورد ارائه گردد و کلیه نتایج با اطلاعات زمین‌شناختی موجود و گمانه‌های الکتریک تلفیق شود.

### استاندارد علامتها و مشخصه های نقشه ها، مقطعها و نمودارهای الکتریک

نتایج بررسیهای الکتریکی از طرف گروهها، سازمانها و شرکتهای مجری به صورت نقشه، مقطع و نمودار ارائه می شود. نیاز به مقایسه این مدارک با نتایج سایر بررسیها ایجاب می کند که علامتها و مشخصه های آنها از استاندارد خاصی پیروی نماید تا ضمن ایجاد هماهنگی بین نقشه ها، مقطعها و نمودارها، مقابله و مقایسه نتایج نیز به سادگی امکانپذیر باشد.

در این بخش استاندارد علامتها و مشخصه های مدارک یاد شده همراه با هدف و کاربرد آنها شرح داده می شود. ضمناً "علامتها مریبوط به سایر رشته ها (نقشه برداری، زمین شناسی، هیدروژئولوژی و غیره) طبق استانداردهای تهیه شده از طرف کمیته های مریبوط و یا استانداردهای به کار رفته در سطح کشور مورد توجه قرار گرفته است.

### نقشه موقعیت ۱-۳

**هدف :** مشخص کردن موقعیت اندازه گیریهای الکتریکی نسبت به یکدیگر و نسبت به عارضه های طبیعی و مصنوعی موجود در منطقه

### کاربرد : کلیه مطالعات الکتریک

**استاندارد :** این نقشه در برگیرنده اطلاعات پایه ای از قبیل: توپوگرافی، زمین شناسی، محل اندازه گیریهای ژئوفیزیکی قبلی و همچنین محل چاهها و چشمها، رودخانه ها و آبراهه ها، مسیلهای و راههای اصلی و فرعی است. این اطلاعات از طرف کارفرما در اختیار مجری عملیات قرار می گیرد و طبق استاندارد نقشه های زمین شناسی و هیدروژئولوژی بر روی نقشه آورده می شود. اطلاعات منظور شده بر روی نقشه موقعیت باید در حدی باشد تا ضمن حفظ خوانایی نقشه، اطلاعات مفیدی را که برای تفسیر نتایج اندازه گیریهای الکتریکی لازم خواهد بود نیز دربرگیرد. علامت شمال بر روی نقشه در محل مناسب آورده می شود. موقعیت اندازه گیریهای الکتریک انجام شده بر حسب موردن به شرح زیر بر روی نقشه موقعیت آورده می شود:

- محل گمانه های الکتریکی (سوندazerهای الکتریک) انجام شده با دایره توپر که شماره گمانه در بالای آن نوشته شده است:

- محل گمانه های الکتریکی با طول فرستنده جریان (AB) بیش از ۲۰۰۰ متر با دو دایره توپر و تو خالی هم مرکز که شماره گمانه در بالای آن نوشته شده است:

2

- محل گمانه های الکتریکی با دو گسترش AB عمود برهم با یک دایره توپر و چهار پیکان واگرای عمود برهم که شماره گمانه در بالای آن نوشته شده است:

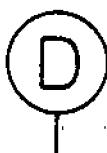
3

- قطر دایره تو پر برابر ۲ میلی متر انتخاب می شود.

- محل گمانه های الکتریکی قبلی با دایره تو خالی با قطر ۲ میلی متر که شماره گمانه در بالای آن نوشته شده است:

3

- خط برداشت یا پروفیل (مجموعه گمانه های الکتریکی) با یک حرف بزرگ لاتین در داخل دایره در دو انتهای آن مشخص می گردد:



- امتداد پروفیل زنی الکتریک توسط پاره خطی که نام پروفیل در زیر آن نوشته شده مشخص می گردد:

D4

### ۲-۳ نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری

هدف: نمایش روند تغییر مقاومت ویژه الکتریکی در منطقه برای یک عمق مؤثر نفوذ جریان

کاربرد: در مطالعات الکتریک به روش گمانه زنی، مشروط به اینکه توزیع گمانه های الکتریک برداشت شده در سطح منطقه در حدی باشد که تهیه چنین نقشه ای را با دقت مورد قبول ممکن سازد. تهیه این نقشه در مواردی که گمانه های الکتریک کم و بیش در یک راستا برداشت شده باشند مقدور نخواهد بود. در هر مطالعه این نقشه باید حداقل برای سه

عمق موثر (طول AB) کم، متوسط و زیاد تهیه شود. در مطالعات آب، نقشه ها باید برای عمقهایی کمتر از عمق متوسط آبخوان، برابر عمق متوسط آبخوان و بیش از عمق متوسط آبخوان تهیه شود. در مطالعات مهندسی انتخاب عمق براساس هدف طرح صورت می گیرد. در کلیه موارد عمق موثر نفوذ جریان برابر یک چهارم طول فرستنده جریان (AB/۴) برای آرایش شلومبرژه و یک سوم طول فرستنده جریان (AB/۳) برای آرایش ونر در نظر گرفته می شود.

استاندارد : نقشه پایه برای تهیه نقشه های هم مقاومت ویژه ظاهری همان نقشه موقعیت بند ۱-۳ است. این نقشه همچنین شامل اطلاعات اختصاصی زیر است:

- فاصله الکترودهای فرستنده جریان (AB) بر حسب متر در راهنمای نقشه مشخص می شود:

$$AB=200\text{m}$$

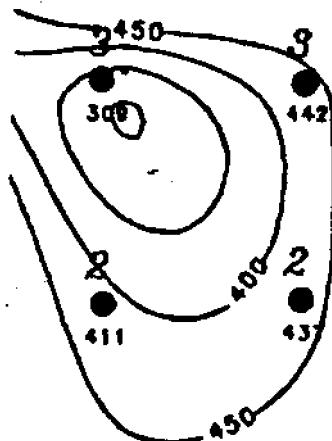
- مقدار مقاومت ویژه ظاهری بر حسب اهم متر در زیر محل هر گمانه نوشته می شود:

2  
●  
520

- پربندهای هم مقاومت ویژه ظاهری بر روی نقشه آورده می شود. فاصله پربنده (بر حسب اهم متر) متناسب با گستره داده ها و در صورت امکان با رعایت ضریب تقریبی  $\sqrt{2}$  به ترتیب زیر انتخاب می شود:

...، ۳۰۰، ۵۰۰، ۷۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۵۰۰۰، ۷۰۰۰، ۱۰۰۰۰

مقدار پربندها باید با بریدن قسمتی از پربند و یادداشت مقدار مربوط در آن محل به دفعات مورد نیاز آورده شود:



- بر روی این نقشه از مقیاس رنگی برای مشخص کردن پهنه هایی با مقاومت ویژه متفاوت استفاده می شود. این مقیاس معمولاً براساس طیف نور مرئی از قرمز تا بنفش است که متناسب با گستره داده ها انتخاب و در راهنمای نقشه مشخص می شود.

### ۳-۳ نقشه‌های هم عمق سنگ کف، هم ارتفاع سنگ کف و هم ضخامت رسوبات آبرفتی

هدف: نمایش روند تغییرات عمق سنگ کف و یا ضخامت رسوبات آبرفتی بر حسب مورد در منطقه مطالعه

کاربرد: در مطالعات الکتریک به روش گمانه زنی، مشروط به اینکه توزیع گمانه‌های الکتریک برداشت شده در سطح منطقه، در حدی باشد که تهیه چنین نقشه‌هایی را با دقت مورد قبول ممکن سازد.

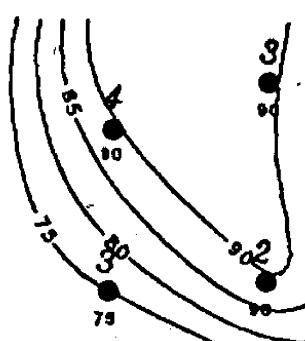
استاندارد: نقشه پایه برای تهیه نقشه‌های بالا همان نقشه موقعیت بند ۱-۳ است. این نقشه‌ها همچنین شامل اطلاعات اختصاصی زیرند:

- عمق سنگ کف، ارتفاع سنگ کف و یا ضخامت رسوبات آبرفتی بر حسب متر در زیر محل هر گمانه نوشته می‌شود:

4  
●  
95

- فاصله پربندی متناسب با گستره داده‌ها انتخاب و نوع کمیت مورد استفاده (عمق، ارتفاع و یا ضخامت) در راهنمای نقشه مشخص می‌شود. در صورت وسیع بودن گستره مقدار کمیت موردنظر، می‌توان فاصله‌های پربندی را با رعایت ضریب تقریبی ۲ انتخاب کرد.

- رقم پربندها باید با بریدن قسمتی از پربند به دفعات موردنیاز و یادداشت رقم مربوط در آن محل آورده شود:



- بر روی این نقشه از مقیاس رنگی بوای مشخص کردن پهنه‌هایی با مقدار متفاوت استفاده می‌شود. این مقیاس معمولاً براساس طیف نور مرئی از قرمز تا بنفش است که متناسب با گستره داده‌ها انتخاب و در راهنمای نقشه مشخص می‌شود.

توضیح: در صورتی که مبنای تهیه این نقشه‌ها ارتفاع مطلق از سطح دریا باشد، واژه "مطلق" در عنوان نقشه هم ارتفاع سنگ کف به صورت "هم ارتفاع مطلق سنگ کف" آورده می‌شود.

#### ۴-۳ نقشه هم مقاومت عرضی (RT)

هدف : نمایش تغییرات مقاومت عرضی لایه آبدار در سطح منطقه

کاربرد : در مطالعات آب به روش گمانه زنی در آبرفت است. برای تهیه این نقشه اطلاع از سطح آب منطقه ضروری است.

استاندارد : نقشه پایه برای تهیه نقشه هم مقاومت عرضی همان نقشه موقعیت بند ۱-۳ است. این نقشه همچنین شامل اطلاعات اختصاصی زیر است :

- مقدار مقاومت عرضی بر حسب اهم متر مربع در زیر محل هر گمانه نوشه می شود:



- پربندهای هم مقاومت عرضی بر روی نقشه آورده می شود. با توجه به گستره معمولاً وسیع مقاومت عرضی در منطقه، فاصله پربندی (بر حسب اهم متر مربع) باید در صورت امکان با رعایت تقریبی ۲ ∕ انتخاب شود:  
...، ۵۰۰، ۷۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۵۰۰۰
- بر روی این نقشه از مقیاس رنگی برای مشخص کردن پهنه هایی با مقاومت عرضی متفاوت استفاده می گردد. این مقیاس بر اساس طیف نور مرنی از قرمز تا بنفش است که متناسب با گستره داده ها انتخاب و در راهنمای نقشه مشخص می شود.

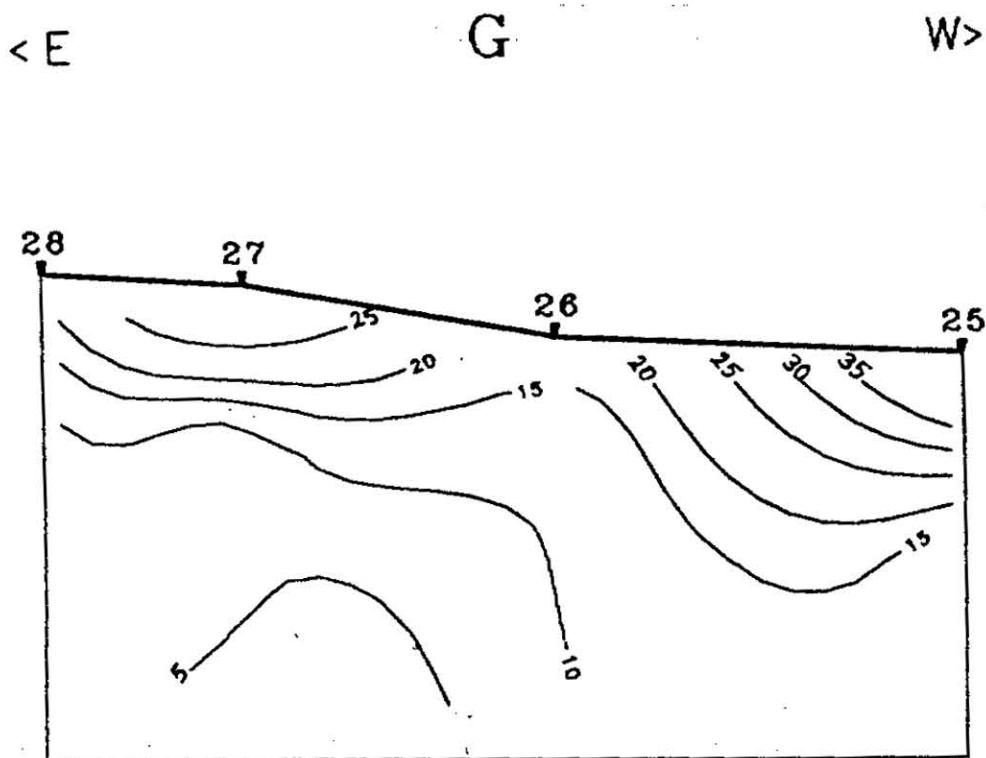
#### ۵-۳ مقطع هم مقاومت ویژه ظاهری

هدف : نمایش کیفی تغییرات مقاومت ویژه ظاهری از سطح به عمق و در امتداد خطهای برداشت

کاربرد : در مطالعات الکتریک به روش گمانه زنی

استاندارد : نتایج خام صحرایی (مقاومت ویژه ظاهری) را می توان به صورت مقطع هم مقاومت ویژه ظاهری (شکل ۳-۱) نشان داد. در این مقطعها محور افقی بیانگر موقعیت بر سطح زمین و محور قائم نشاندهنده ارتفاع ظاهری (معمولأ برای آرایه شلومبرژه یک چهارم طول AB و برای آرایه ونر یک سوم طول AB) است. نسبت طول AB مورد استفاده باید در راهنمای مقطع آورده شود. مقیاسهای قائم و افقی باید براساس نوع طرح و متناسب با یکدیگر

انتخاب و در راهنمای مقطع آورده شود. مقیاس افقی معمولاً همان مقیاس نقشه موقعیت و مقیاس قائم حداقل تا ۱۰ برابر مقیاس افقی انتخاب می‌شود. نام خط برداشتی که مقطع برای آن رسم گردیده است، در بالا و راستای مقطع در دو طرف آن نوشته می‌شود. بر روی این مقطع وضعیت پستی و بلندی سطح زمین با خط ضخیمتر آورده می‌شود. محل گمانه‌های الکتریکی با یک خط تیره قائم و شماره گمانه در بالای آن بر روی مقطع مشخص می‌گردد. فاصله پریندی و استفاده از مقیاس رنگی در این مقطعها مانند نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری همان مقطع است. محل تلاقی با دیگر مقطعها با یک خط تیره قائم و یک دایره در بالای آن که نام مقطع دوم را دربر دارد مشخص می‌شود:



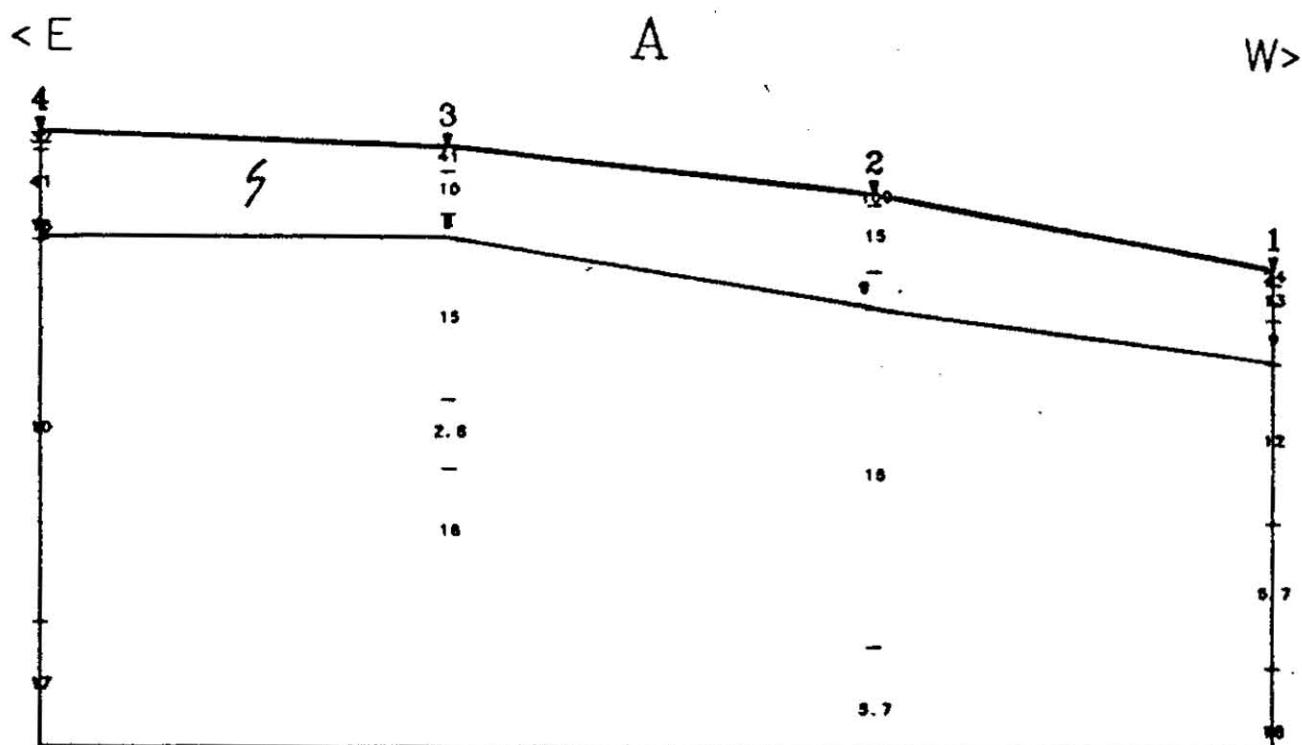
شکل ۱-۳ مقطع هم مقاومت ویژه ظاهری

### ۶-۳ مقطع ژئوالکتریک

هدف: نمایش کمی تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی حقیقی از سطح به عمق و در امتداد خطهای برداشت

کاربرد: در مطالعات الکتریک به روش گمانه زنی

استاندارد: نتایج تفسیر داده های صحرایی (مقاومت ویژه حقیقی) را می توان به صورت مقطع ژئوالکتریک (شکل ۲-۳) نشان داد. در این مقطعها محور افقی بیانگر موقعیت بز سطح زمین و محور قائم نشانده است. مقیاسهای قائم و افقی باید بر اساس نوع طرح و مناسب با یکدیگر انتخاب و در راهنمای مقطع آورده شود. مقیاس افقی معمولاً همان مقیاس نقشه موقعیت و مقیاس قائم حداقل تا ۱۰ برابر مقیاس افقی انتخاب می شود. نام خط برداشتی که مقطع برای آن رسم گردیده است، در بالا و راستای مقطع در دو طرف آن نوشته می شود. بر روی این مقطع وضعیت پستی و بلندی سطح زمین با خط ضخیمتر آورده می شود. محل گمانه های الکتریک بایک خط تیره قائم و شماره گمانه در بالای آن بر روی مقطع مشخص می گردد. مقاومت ویژه هر لایه (بر حسب اهم متر) در زیر هر گمانه نوشته می شود. مرز قطعی لایه ها با خط ممتد نازک و مرز احتمالی لایه ها با خط چین مشخص می گردد. جنس لایه ها، محل گسله ها و همیریها تا حد امکان مطابق استاندارد علامتهای زمین شناختی بر روی مقطع آورده می شود:

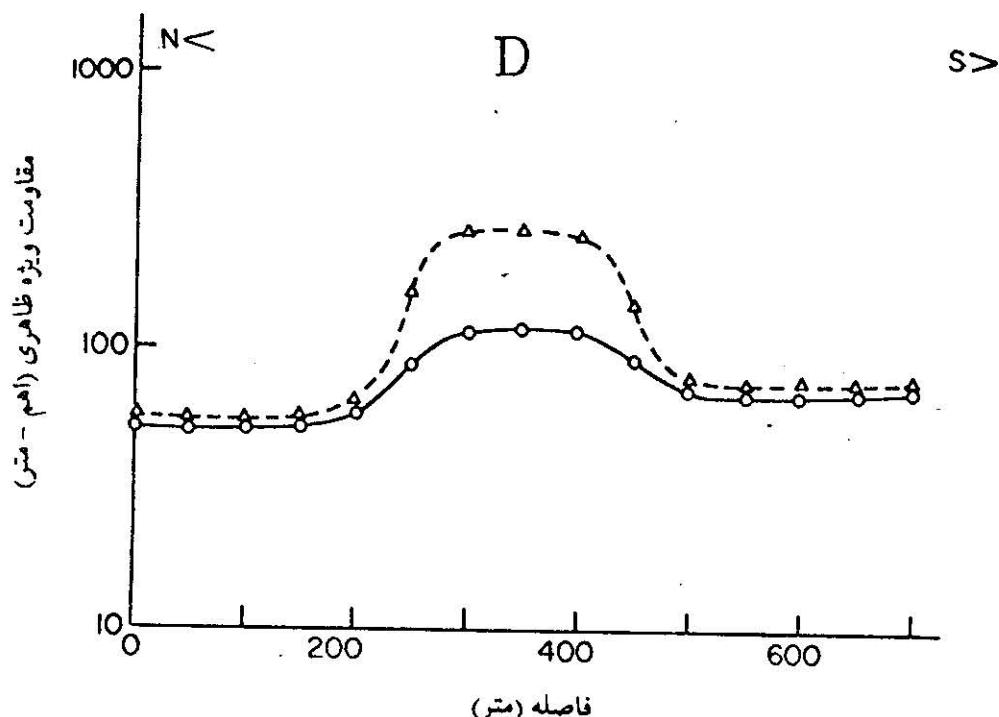


شکل ۲-۳ مقطع ژئوالکتریک

هدف: نمایش کیفی تغییرات مقاومت ویژه ظاهری در امتداد خطهای برداشت برای یک یا چند طول فرستنده جریان (طول AB)

کاربرد: در مطالعات الکتریک به روش پروفیل زنی شلومبرژه و ونر

استاندارد: تابع اندازه‌گیریهای پروفیل زنی با آرایش‌های ونر و شلومبرژه به صورت نمودار (شکل ۳-۳) نمایش داده می‌شود. در این نمودارها محور افقی بیانگر موقعیت در سطح زمین و محور قائم نشانده‌نده مقاومت ویژه ظاهری است. هر دو محور خطی اند و مقیاس محور افقی معمولاً همان مقیاس نقشه موقعیت و مقیاس محور قائم با توجه به گستره تغییرات مقاومت ویژه ظاهری انتخاب می‌شود. نام خط برداشتی که نمودار برای آن رسم گردیده است در بالا و راستای خط برداشت در دو طرف آن نوشته می‌شود. برای مشخص کردن نمودارهای پروفیل زنی برای هر طول AB از نشانه‌ها (دایره، مثلث، ضربدر، ...) و خطهای مناسب (خط ممتد، خط چین، نقطه خط و ...) استفاده می‌شود. این علائم باید در راهنمای نقشه معرفی گرددند:



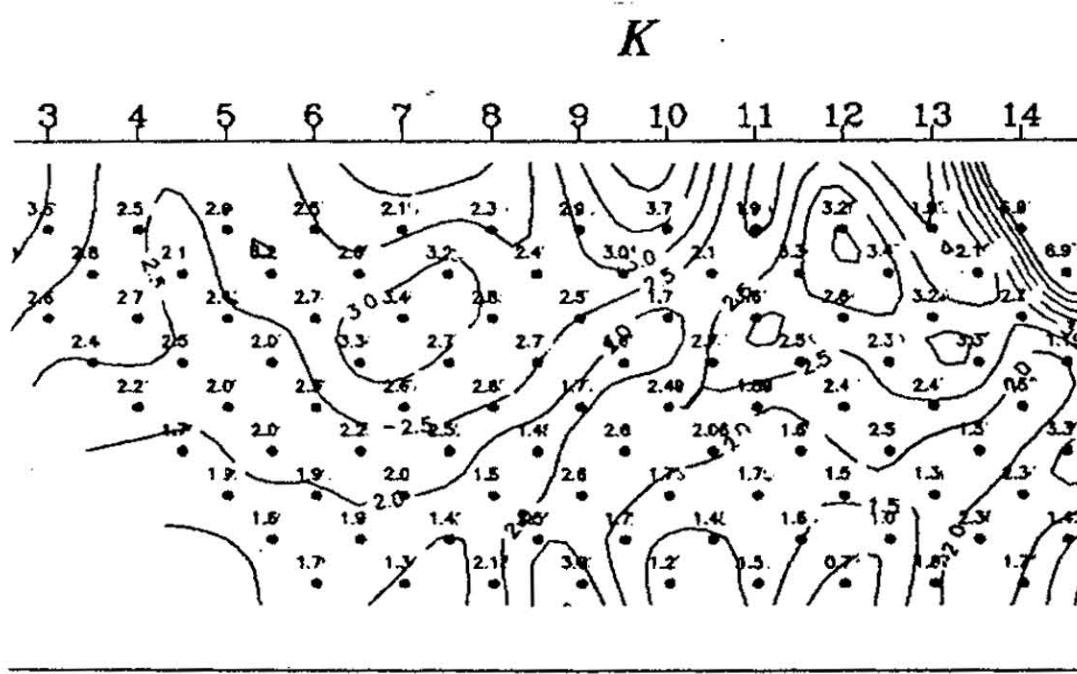
شکل ۳-۳ نمودار پروفیل زنی

## ۸-۳ مقطع هم مقاومت ویژه ظاهری قطبی - دوقطبی و یا دو قطبی - دوقطبی

هدف: نمایش کیفی تغییرات مقاومت ویژه ظاهری قطبی - دوقطبی و یا دو قطبی - دوقطبی از سطح به عمق و در امتداد خطهای برداشت

کاربرد: در مطالعات الکتریک به روش پروفیل زنی با آرایه‌های قطبی - دوقطبی و یا دو قطبی - دو قطبی محوری

استاندارد: نتایج اندازه‌گیریهای پروفیل زنی قطبی - دوقطبی و یا دو قطبی (مقاومت ویژه ظاهری) را می‌توان به صورت مقطع هم مقاومت ویژه ظاهری (شکل ۴-۳) نشان داد. در این مقطعها محور افقی بیانگر موقعیت بر سطح زمین و محور قائم نشانده‌نده عمق ظاهری است. مقیاس‌های قائم و افقی باید براساس نوع طرح و مناسب با یکدیگر انتخاب و در راهنمای نقشه آورده شود. مقیاس افقی معمولاً همان مقیاس نقشه موقعیت و مقیاس قائم حداقل تا ۱۰ برابر مقیاس افقی انتخاب می‌شود. نام خط برداشتی که مقطع برای آن تهیه گردیده است، در بالا و راستای خط برداشت در دو طرف آن نوشته می‌شود. محل درج مقدار مقاومت ویژه در عمق برای هر اندازه‌گیری محل تلاقی خطهای ۴۵ درجه‌ای است که از وسط دو قطبی AB برای آرایه دوقطبی - دوقطبی و محل الکترود A برای آرایه قطبی - دوقطبی و دوقطبی MN رسم می‌گردد. فاصله دو قطبیهای AB و (a) و MN و حداقل فاصله مرکزهای AB و MN (بر حسب a) باید در راهنمای نقشه آورده شود. فاصله پربندی (بر حسب اهم متر) مناسب با گستره داده‌ها و در صورت امکان با رعایت ضریب تقریبی  $\sqrt{2}$  انتخاب می‌شود. بر روی این مقطع می‌توان از مقیاس رنگی برای مشخص کردن زونهایی با مقاومت ویژه متفاوت استفاده کرد. این مقیاس معمولاً براساس طیف نور مرئی از قرمز تا بنفش است که مناسب با گستره داده‌ها انتخاب و در راهنمای نقشه مشخص می‌شود:



توضیح علامتها و اطلاعات نقشه های الکتریکی در قسمت راهنمای نقشه (شکل ۵-۳) آورده می شود. صفحه راهنما در اندازه A4 و در گوشه ای از نقشه بر حسب مورد آورده می شود تا پس از تاکردن نقشه، صفحه راهنما در رو قرار گیرد. صفحه راهنما شامل: سه بخش بالایی، میانی و پایینی به شرح زیر است:

### ۱-۹-۳ بخش بالایی (عنوان)

شامل: نام کارفرما (وزارت، سازمان و...)، روش مطالعه، نام طرح و نام منطقه مورد مطالعه است که به فارسی در سمت راست و به انگلیسی در سمت چپ نوشته می شود.

### ۲-۹-۳ بخش میانی (راهنما)

شامل: علامتهای ژئوفیزیکی، هیدروژئولوژیکی، زمین شناختی و سایر علامتهای به کار رفته در نقشه به شرح زیر است:

- شرح علامتها به فارسی در سمت راست و معادل آنها به انگلیسی در سمت چپ و خود علامت در وسط. علامتهای ژئوفیزیکی طبق استاندارد روشها شامل: محل ایستگاههای اندازه گیری، مقدارهای کمی ژئوفیزیکی، منحنیهای پربندی، جهت تغییرات مقدارهای کمی ژئوفیزیکی و...
- علامتهای هیدروژئولوژیکی شامل: محل چاههای عمیق، نیمه عمیق جهت حرکت آبهای زیرزمینی، رودخانه ها و غیره بر حسب مورد (طبق استاندارد وزارت نیرو)
- علامتهای زمین شناختی شامل: سازندهای زمین شناختی، گسلهای زمین شناختی، گسلهای شیب، جهت و غیره (طبق استاندارد وزارت نیرو). در صورت گستردگی بودن اطلاعات زمین شناختی، می توان راهنمای زمین شناسی رابطه جدایانه در محل مناسبی بر روی نقشه آورد.
- در صورت نیاز به مقیاس رنگی، این مقیاس در زیر بخش میانی آورده می شود.

### ۳-۹-۳ بخش پایینی (سایر اطلاعات)

در پایین صفحه راهنمای جدول مشخصات شامل اطلاعات زیر به فارسی و لاتین آورده می‌شود:

- نوع نقشه، مقطع یا نمودار
- مقیاس
- اجرا (نام مهندسان مشاور، نهاد یا سازمان اجرا کننده مطالعات)
- نظارت (نام دستگاه نظارت)
- بازبینی (نام و امضای مسئول تهیه نقشه)
- تاریخ (تاریخ تهیه نقشه)
- پیوست (شماره نقشه). این شماره باید در گوشه راست و بالای کادر راهنمای در خارج آن نیز منظور شود.

Client	کارفرما
Geophysical Survey : Resistivity	مطالعات ژئوفیزیکی؛ مقاومت ویژه
Project	عنوان طرح
(Area)	(منطقه)

راهنما

Profile	_____	A	_____	خط بوداشت
Sounding number	_____	1	_____	شماره گمانه الکتریک
Sounding point	_____	●	_____	نقطه بوداشت
Apparent resistivity (Ohm - m)	29	/	_____	مقاومت ویژه ظاهری (اهم - متر)
Apparent resistivity contour	45	/	_____	پریند هم مقاومت ویژه ظاهری

Color scale :

(Ohm - m)	<10	50	100	250	500	>1000	مقیاس رنگی : (اهم - متر)
	<input type="text"/>						

Contractor:	نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری	اجر:
Supervision :	AB = 40 m	ناظارت:
Inspection :	Apparent Resistivity Map	بازبینی:
Date :	Scale : مقیاس :	تاریخ:
Encl : 2	1/2000	پیوست: 2

شکل ۳-۵ راهنمای نقشه

In the Name of God  
Islamic Republic of Iran  
Ministry of Energy  
Iran Water Resources Management CO.  
Deputy of Research  
Office of Standard and Technical Criteria

*Application of Geophysical Methods in  
Ground Water Engineering, Standards for  
Electrical Methods (Resistivity)*