



دانشکده معدن و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد-گرایش ژئوالکتریک

عنوان:

تفسیر داده‌های مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی و تعیین

پارامترهای القایی طیفی (SIP)

تدوین: مهدی رحمانی جوینانی

اساتید راهنما:

دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی

دکتر علی مرادزاده

استاد مشاور:

مهندس ابراهیم شاهین

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم :

به پدر و مادر عزیزه

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مبانی فیزیکی-شیمیایی پلاریزاسیون القایی طیفی
۱	۱-۱ مقدمه
۳	۲-۱ مبانی فیزیکی-شیمیایی پلاریزاسیون القایی طیفی
۳	۱-۲-۱ مقاومت سطحی روی سطح یک توده پلاریزه‌شونده
۸	۲-۲-۱ مدار معادل حجم یک توده پلاریزه‌شونده
۱۴	۳-۱ هدف از انجام پایان‌نامه
۱۵	۴-۱ ساختار پایان‌نامه
۱۷	فصل دوم : حصول پارامترهای طیفی و نحوه اندازه‌گیری آن در دستگاه IPR-۱۲
۱۷	۲-۱ حصول پارامترهای طیفی
۲۲	۲-۲ نحوه اندازه‌گیری در دستگاه IPR-۱۲
۲۳	۱-۲-۲ اندازه‌گیری و محاسبات IPR-۱۲
۲۹	۳-۲ چشمه‌های نويز
۲۹	۱-۳-۲ چشمه نويز طبيعي
۳۰	۲-۳-۲ چشمه‌های نويز ساخت بشر
۳۱	فصل سوم : عوامل تأثیر گذار بر پارامترهای حقیقی
۳۱	۱-۳ اثرات مقاومت ویژه محیط میزبان
۳۱	۱-۱-۳ فاکتورهای رقیق سازی
۳۱	۱-۱-۱-۳ فاکتورهای رقیق سازی ثابت زمان ظاهری (β_r)
۳۳	۲-۱-۱-۳ فاکتورهای رقیق سازی بارپذیری ظاهری (β_m)
۳۵	۲-۳ اثرات عمق دفن کانی
۳۸	۳-۳ اثرات میزبان پلاریزه‌شونده
۴۲	فصل چهارم : مطالعات پلاریزاسیون القایی طیفی در محدوده مورد مطالعه

۴۳	..... ۱-۴ موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی
۴۴	..... ۲-۴ زمین شناسی منطقه
۴۸	..... ۳-۴ آرایه مستطیلی
۴۹	..... ۴-۴ تجهیزات مورد استفاده در برداشتهای صحرایی
۴۹	..... ۵-۴ نحوه برداشت صحرایی
۵۷	..... ۶-۴ آرایه دوقطبی-دوقطبی
۶۰	..... ۷-۴ تصحیح موقعیت
۶۰	..... ۱-۷-۴ فرآیند تصحیح موقعیت
۶۴	..... ۸-۴ پروفیل 0
۷۲	..... ۹-۴ پروفیل ۲۵ غربی
۷۷	..... ۱۰-۴ پروفیل ۱۰۰ شرقی
۸۱	..... ۱۱-۴ پروفیل ۱۵۰ شرقی
۸۶	..... فصل پنجم : نتایج و پیشنهادات
۸۶	..... ۵-۱ نتایج
۸۷	..... ۵-۲ پیشنهادات
۸۸	..... منابع و مراجع
۹۰	..... پیوست الف : معرفی پارامترهای اندازه گیری و پنجره های زمانی
۹۸	..... پیوست ب : اثبات ریاضی فاکتور رقیق سازی پلاریزاسیون القایی
۱۰۱	..... پیوست ج : تصحیح اثر میزبان پلاریزه شونده
۱۰۶	..... پیوست د : مقطع زمین شناسی و نمونه برداری مغزه های منطقه معدنی احمدآباد
۱۱۲	..... پیوست ه : ضرایب متوسط عمق جستجو برای آرایه های مختلف
۱۱۳	..... پیوست و : فرمت داده های ورودی برای مدل سازی معکوس پروفیل زنی به روش آرایه دوقطبی-دوقطبی

چکیده

جهت اکتشاف مواد معدنی فلزی بخصوص از نوع پراکنده¹ در یک ناحیه، استفاده از روشهای پلاریزاسیون القایی (IP)² به همراه مقاومت ویژه امری عادی و ضروری است که در نتیجه مناطق احتمالی دارای کانه فلزی مشخص می‌گردد. اما جهت تفسیر صحیح داده‌های مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی به منظور تعیین مناطق مناسب کانی‌سازی فلزی، مدل‌سازی داده‌ها نیز مسئله‌ای اجتناب ناپذیر است که در این مورد مدل‌سازی هموار و پارامتری داده‌ها به طور رایج مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از آنجا که روش پلاریزاسیون القایی از تشخیص نوع کانی‌های فلزی و غیر فلزی پلاریزه‌شونده عاجز است این کار را به راحتی می‌توان با پلاریزاسیون القایی طیفی (SIP)³ انجام داد، چرا که پارامترهای طیفی پلاریزاسیون القایی، نمایانگر مشخصه‌های چشمه‌های IP هستند و با پردازش پارامترهای پلاریزاسیون القایی طیفی، می‌توان نقشه‌های ویژه‌ای فراهم نمود که ما را در تفکیک تپه‌های کانی‌سازی کمک کند.

مسئله اصلی، پردازش پارامترهای طیفی به منظور تهیه نقشه‌های مورد نظر است. چرا که پارامترهای طیفی تحت تأثیر عواملی از جمله عمق دفن کانی مورد نظر و مقاومت ویژه و توانایی پلاریزه شوندگی محیط میزبان قرار می‌گیرند. بدین سبب باید بررسی شود که تأثیر این عوامل تا چه حدی است. عاملی که بیش از حد بر روی پارامترهای طیفی تأثیر می‌گذارد، پلاریزه‌شوندگی محیط میزبان است. در این پایان‌نامه با استفاده از اطلاعات زمین‌شناسی بخصوص نقشه زمین‌شناسی بزرگ مقیاس ۱/۵۰۰۰ و نتایج مطالعات نمونه‌های اخذ شده از مناطق حفاری شده، پلاریزه شوندگی محیط میزبان مورد بررسی قرار گرفت که مشخص شد محیط میزبان پلاریزه شونده نیست. سپس نقشه‌هایی به منظور استفاده از پارامترهای طیفی تهیه گردید که با کمک آنها می‌توانیم دیدی بهتر از تجمع مواد معدنی و اندازه ذرات تشکیل دهنده آنها داشته باشیم.

¹ Disseminated

² Induced Polarization (IP)

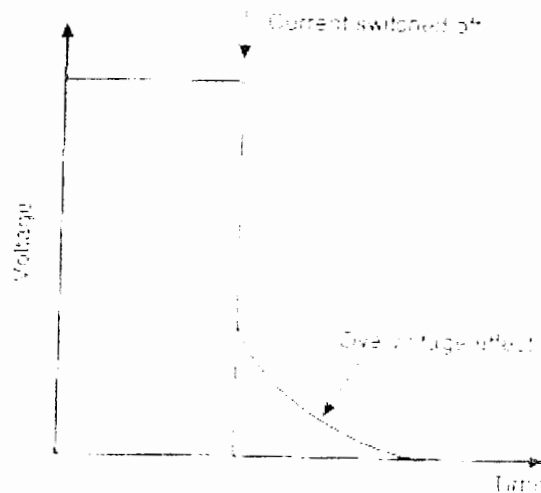
³ Spectral Induced Polarization (SIP)

عامل دیگری که باید به آن توجه کرد تأثیر توپوگرافی منطقه روی موقعیت و مقدار پارامترهای طیفی است که تاکنون کار زیادی بر روی تصحیح مقدار پارامترهای طیفی در اثر تأثیر توپوگرافی صورت نگرفته است اما می‌توان آنها را از نظر موقعیت تصحیح کرد. در این پایان‌نامه با اعمال رویه جبری تغییر موقعیت در اثر توپوگرافی بر روی کلیه پارامترهای طیفی، تصحیح موقعیت اعمال و سپس شبه مقاطع آنها ترسیم و آورده شده است. مسلماً شبه مقاطعی که با استفاده از مدل‌سازی بدست می‌آید با شبه مقاطعی که با استفاده از رویه جبری تصحیح موقعیت حاصل می‌شود، فرق می‌کند اما این اختلاف تا چه حدی است. آیا شبه مقاطع حاصل از تصحیح موقعیت قابل اطمینان هستند یا نه؟ این مسئله‌ای است که در انتهای این پایان‌نامه بررسی شده است. در نتیجه این بررسی مشخص شد در صورتی که زمین‌عاری از گسل باشد و دسترسی به نرم‌افزار نیز فراهم نباشد می‌توان استفاده از شبه مقاطع حاصل از تصحیح موقعیت به منظور تفسیر را توصیه نمود.

فصل اول: مبانی فیزیکی - شیمیایی پلاریزاسیون القایی طیفی

۱-۱ مقدمه

بعضی از کانسارها از قبیل مس که معمولاً همراه با پیریت هستند وقتی تحت تأثیر یک جریان متغیر القایی قرار می‌گیرند از خود واکنشهای فیزیکی- شیمیایی متفاوتی نشان می‌دهند. منشأ این واکنشها، پدیده پلاریزاسیون بارهای مثبت و منفی در این کانسارها می‌باشد. اثر این پلاریزاسیون در سطح زمین بسته نوع جریان القایی و رویه‌ای که برای اندازه‌گیری بکار می‌رود متفاوت است. مثلاً اگر از یک جریان القایی به فرم پله‌ای استفاده شود در زمانی که جریان قطع می‌شود اختلاف ولتاژ بین الکترودهای پتانسیل ناگهان صفر نمی‌شود بلکه چند ثانیه و حتی ممکن است چند دقیقه طول بکشد تا ولتاژ صفر بشود. در این روش شاهد یک ولتاژ اضافی^۱ هستیم که در اثر پلاریزاسیون بارهای مثبت و منفی ایجاد می‌شود (شکل ۱-۱). در رویه ذکر شده، در سطح زمین آهنگ افت ولتاژ یا به عبارت دیگر ولتاژ اضافی را اندازه می‌گیریم [۷].



شکل ۱-۱: ولتاژ اضافی تولید شده بوسیله پلاریزاسیون القایی بعد از قطع جریان [۷].

^۱ Overvoltage

معمولاً چهار رویه برای اندازه‌گیری پلاریزاسیون القایی وجود دارد ۱- روش حوزه زمان، در این روش ولتاژ اضافی بعنوان تابعی از زمان اندازه‌گیری می‌شود. ۲- روش حوزه فرکانس، در این روش مقاومت ویژه ظاهری در دو فرکانس خیلی متفاوت (معمولاً زیر ۱۰ هرتز) اندازه‌گیری می‌شوند. ۳- روش حوزه فاز، در این روش اختلاف فاز بین جریان بکار گرفته شده و ولتاژ اندازه‌گیری شده، در مقیاس لگاریتمی اندازه‌گیری می‌شود این فاز به مشخصه طبیعت کانی‌های زیر سطح بستگی دارد. ۴- روش پلاریزاسیون القایی طیفی، این روش هم در حوزه زمان و هم در حوزه فرکانس قابل اندازه‌گیری است. در این روش اختلاف فاز بین قسمت‌های حقیقی و موهومی ولتاژ و دامنه آن روی محدوده فرکانسی ۰/۰۰۱ تا ۴۰۰۰ هرتز اندازه‌گیری می‌شود [۷].

در کارهای ژئوفیزیکی روشهایی که در حوزه زمان پدیده پلاریزاسیون القایی را اندازه‌گیری می‌کنند خیلی سریعتر و تفسیر پارامترهای آن نیز آسانتر است از این رو، این روشها بیشتر متداول می‌باشند. روش پلاریزاسیون القایی طیفی نسل تکامل یافته پلاریزاسیون القایی حوزه زمان (یعنی پدیده ولتاژ اضافی) است. در این روش علاوه بر اندازه‌گیری پارامترهای پلاریزاسیون القایی حوزه زمان سه پارامتر دیگر نیز اندازه‌گیری می‌شود از این سه پارامتر می‌توان اطلاعاتی در مورد نوع و بافت کانی‌سازی بدست آورد.

تاریخچه پلاریزاسیون القایی طیفی به سال ۱۹۴۷ برمی‌گردد. در این سال فیزیکدانی به نام کل-کل^۱ با بکارگیری چند مقاومت و یک خازن، امپدانس مختلط حاصل از یک جریان فرکانسی متغیر را مورد بررسی و مطالعه قرار داد و در نهایت به فرمولی برای امپدانس مختلط رسید که بصورت زیر بود:

$$Z(i\omega) = Z(0) \left\{ 1 - m \left[1 - \frac{1}{1 + (i\omega\tau)^c} \right] \right\} \quad (1-1)$$

این جواب در فرکانسهای مختلف به سه پارامتر m ، τ و c بستگی دارد. این سه پارامتر بعدها به افتخار این شخص به اسم پارامترهای طیفی کل-کل نامگذاری شد. در واقع کل-کل اثرات شارژ و دشارژ خازن، یا به عبارت دیگر پلاریزاسیون خازن و در نهایت امپدانس مختلط حاصل از آن را در فرکانسهای مختلف، از دیدگاه فیزیکی مورد بررسی قرار می‌دهد [۵ و ۱۲].

¹ Cole-cole

با پیشرفت علم، پلاریزه شونده‌گی از نقطه نظر الکتروشیمیایی توسط اشخاصی همچون گلستون^۱ در سال ۱۹۴۷، ویت و لیو^۲ در سالهای ۱۹۵۲ و ۱۹۸۲ مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت [۵]. پلتون^۳ در سال ۱۹۷۶ اولین ژئوفیزیکدانی بود که اثر پلاریزه‌شونده‌گی را روی یک سنگ کانی‌سازی شده در محیط آزمایشگاه مورد بررسی قرار داد و در نهایت به همان فرمول معروف کل-کل برای رفتار فرکانسی امیدانس مختلط پلاریزاسیون القایی رسید [۱۲].

خیلی زود در اثر توسعه روشهای پلاریزاسیون القایی دریافتند که در حوزه زمان، آهنگ افت ولتاژ پلاریزاسیون القایی بعد از قطع جریان القایی به شدت به اندازه متوسط دانه‌بندی ذرات فلزی بستگی دارد. از این رو امکان‌پذیر است که از طریق اندازه‌گیری آهنگ افت سیگنالهای پلاریزاسیون القایی در زمین، بتوان اطلاعاتی در مورد سازند مرتبط با چشمه‌های پلاریزاسیون القایی به دست آورد. مطالعات نظری و آزمایشگاهی نشان می‌دهند که مقدار τ به اندازه ذرات کانی‌سازی شده و مقدار c به نوع پراکنده‌گی این ذرات در ماتریس سنگ برمی‌گردد [۵ و ۸ و ۱۲]. توضیح بیشتر، در این فصل تحت عنوان مبانی فیزیکی- شیمیایی پلاریزاسیون القایی طیفی بحث شده است.

۲-۱- مبانی فیزیکی- شیمیایی پلاریزاسیون القایی طیفی

پلاریزاسیون القایی طیفی (SIP)، روش مطالعه مشخصات فرکانس و یا زمان اثرات پلاریزاسیون القایی است. بنابراین مبانی آن با تأکیدی بر مشخصات فرکانس (یا زمان) همان مبانی پلاریزاسیون القایی می‌باشد.

۱-۲- مقاومت سطحی روی سطح یک توده پلاریزه‌شونده

فرآیند IP را می‌توان به دو گروه پلاریزاسیون سطحی^۴ و پلاریزاسیون حجمی^۵ دسته‌بندی کرد. با این همه، از نظر میکروسکوپی همه پلاریزاسیون‌ها در واقع پلاریزاسیون‌های سطحی هستند. اثرات پلاریزاسیون القایی سنگهای کانی‌سازی شده افشان یا پراکنده، نتیجه نوعی توده‌های پلاریزه‌شونده حجمی است که به وسیله مجموع اثرات پلاریزاسیون سطحی هر ذره کانی‌شده بوجود

¹ Glasston

² Wait and Luo

³ Pelton

⁴ Surface polarization

⁵ Volume polarization

می‌آید. ابتدا پلاریزاسیون سطحی را شرح می‌دهیم زیرا پلاریزاسیون سطحی اساس اثرات پلاریزاسیون القایی است.

پارامتر تشریح کننده درجه پلاریزاسیون سطحی هادیهای الکترونیکی، ولتاژ اضافی ($\Delta\phi$) است. بوسیله تئوری الکتروشیمیایی نشان داده شده است که علت ولتاژ اضافی پاسخ آهسته عملکرد الکتروود هادیهای الکترونیکی هنگام عبور جریان‌ها از میان سطوح مرزی بین هادی الکترونیکی و محلول است (گلستون، ۱۹۴۷). برای مثال، هنگامی که یون مثبت M^{n+} روی کاتد تخلیه می‌شود، مراحل تخلیه را می‌توان به سه مرحله اصلی پیوسته زیر تقسیم‌بندی کرد:

۱- یونهای M^{n+} با سه مکانیزم انتشار، انتقال الکترونی و همرفتی از محلول به لایه محلول نزدیک به قطب کاتد انتقال می‌یابند.

(لایه محلول نزدیک به سطح قطب کاتد) $M^{n+} \rightarrow M^{n+}$ (از توده محلول)

۲- یونها با گرفتن الکترون از قطب، به اتم خنثی تبدیل می‌شوند.

(شکل اتم اولیه) $M \rightarrow M + n^e$ (از قطب) (لایه محلول نزدیک به سطح قطب)

۳- اتمها به داخل رسوبات پایدار مهاجرت می‌کنند.

(حالت پایدار) $M \rightarrow M$ (شکل اتم اولیه)

هر یک از سه مرحله فوق که کندتر صورت بگیرد تعیین کننده سرعت واکنش الکتروشیمیایی در الکتروود و نوع ولتاژ اضافی است. برای مثال، اگر انتقال یون بصورت انتشار، کندترین مرحله باشد ولتاژ اضافی غلظتی^۱ صورت می‌گیرد. اگر تخلیه یونی کندترین مرحله باشد ولتاژ اضافی مهاجرتی^۲ عمومیت دارد و هنگامی که انتشار اتم بداخل رسوبات کندترین مرحله باشد، ولتاژ اضافی شیمیایی^۳ را خواهیم داشت. از طریق آزمایش ثابت شده که ولتاژ اضافی ($\Delta\phi$) یک رابطه خطی با مؤلفه قائم چگالی جریان (j_n) عمود بر سطح توده پلاریزه‌شونده دارد که بصورت زیر بیان می‌شود [۵]:

$$\Delta\phi = -kj_n \quad (۲-۱)$$

^۱ Concentration overvoltage

^۲ Migration overvoltage

^۳ Chemical overvoltage

تحت مرحله القاء اقتباس کرد. به عبارت دیگر با استفاده از انتگرال فوریه می‌توان امپدانس سطحی پلاریزاسیون القایی را از حوزه زمان به حوزه فرکانس برد.

$$k(i\omega) = i\omega \int_0^{\infty} k(T) e^{-i\omega T} dT \quad (7-1)$$

که $i = \sqrt{-1}$ و ω فرکانس زاویه‌ای جریان هارمونیک است.

برای ولتاژ اضافی غلظتی با جایگذاری رابطه (۳-۱) در رابطه (۷-۱) می‌رسیم به:

$$k(i\omega) = i\omega \int_0^{\infty} A\sqrt{T} e^{-i\omega T} dT = \frac{A\sqrt{\pi}}{2\sqrt{i\omega}} \quad (الف-۱۸)$$

که بعد از مرتب کردن روابط داریم:

$$k(i\omega) = \frac{1}{\sqrt{i\omega x}} = (i\omega x)^{-1/2} \quad (ب-۱۸)$$

رابطه بالا؛ رابطه معروف امپدانس واربرگ^۱ است که می‌توان برای توصیف پلاریزاسیون غلظتی از آن استفاده کرد. برای ولتاژ اضافی مهاجرتی و ولتاژ اضافی شیمیایی، با جایگذاری معادله (۵-۱) در معادله (۷-۱) به رابطه زیر می‌رسیم:

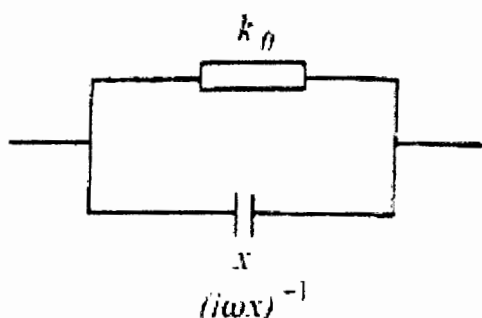
$$k(i\omega) = i\omega \int_0^{\infty} k_0 (1 - e^{-T/k_0 x}) e^{-i\omega T} dT = i\omega k_0 \left(\frac{1}{i\omega} - \frac{1}{i\omega + \frac{1}{k_0 x}} \right) \quad (الف-۱۹)$$

که می‌توان بصورت رابطه (۹-۱) نیز نوشت:

$$k(i\omega) = \left(\frac{1}{k_0} + i\omega x \right)^{-1} \quad (ب-۱۹)$$

معادله (۹-۱) بیانگر این مطلب است که امپدانس سطحی $k(i\omega)$ ، معادل مدار شامل مقاومت سطحی k_0 و خازن سطحی x است که بطور موازی قرار گرفته‌اند. بنابراین ولتاژ اضافی مهاجرتی و شیمیایی را می‌توان بوسیله مدار نشان داده شده در شکل (۱-۲-الف) شرح داد.

^۱ Warburg impedance

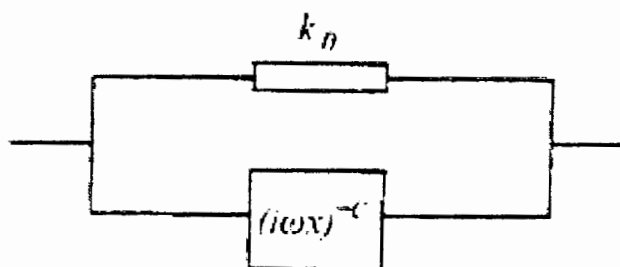


شکل (۱-۲-الف): مدار موازی مقاومت سطحی k_0 و خازن سطحی x [۵].

با ترکیب معادلات (۱-۸-ب) و (۱-۹-ب) می‌توان به رابطه رایج مربوط به امپدانس سطحی رسید.

$$k(i\omega) = \left[\frac{1}{k_0} + (i\omega x)^c \right]^{-1} \quad (10-1)$$

نماد c در اینجا توان می‌باشد که به منظور جامع بودن فرمول (۱۰-۱) برای حالت‌های مختلف پلاریزاسیون سطحی اتخاذ شده است. اتصال موازی یک مقاومت سطحی (k_0) و یک راکتانس سطحی $(i\omega x)^{-c}$ را می‌توان برای شرح اثرات پلاریزاسیون سطحی بکار برد. شکل (۱-۲-ب)، مدار معادل پلاریزاسیون سطحی را نشان می‌دهد.

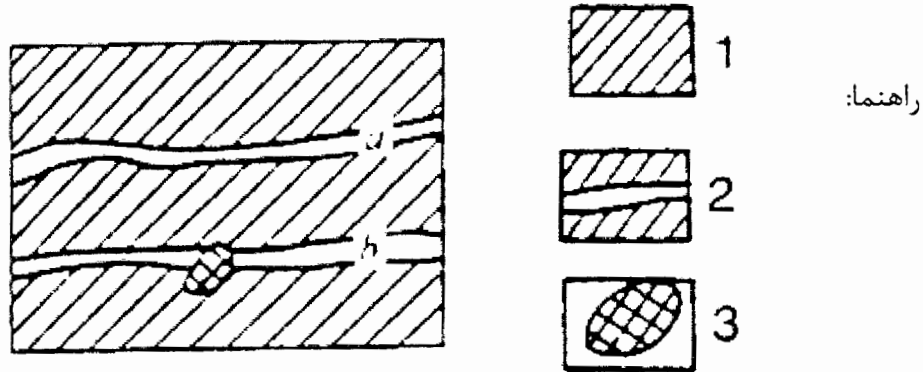


شکل (۱-۲-ب): مدار معادل پلاریزاسیون سطحی [۵].

اگر $c=1$ باشد معادله (۱۰-۱) به معادله (۱-۹-ب) و شکل (۱-۲-ب) به شکل (۱-۲-الف) تبدیل می‌شود (ولتاژ اضافی مهاجرتی یا ولتاژ اضافی شیمیایی). اگر $k_0 \rightarrow \infty$ و $c=0/5$ باشد، معادله (۱۰-۱) به معادله (۱-۸-ب) تبدیل می‌شود، که همان پلاریزاسیون غلظتی است. پلاریزاسیون القایی معمولاً حاصل جمع تأثیر چندین ولتاژ اضافی، شامل فعل و انفعالات شیمی فیزیکی دیگری نیز می‌باشد. به این علت k_0 ، x و c دارای گسترده تغییرات وسیعی هستند، هر چند c غالباً در فاصله تقریبی (۱-۵-۰) قرار دارد.

۲-۲-۱ مدار معادل حجم یک توده پلاریزه‌شونده

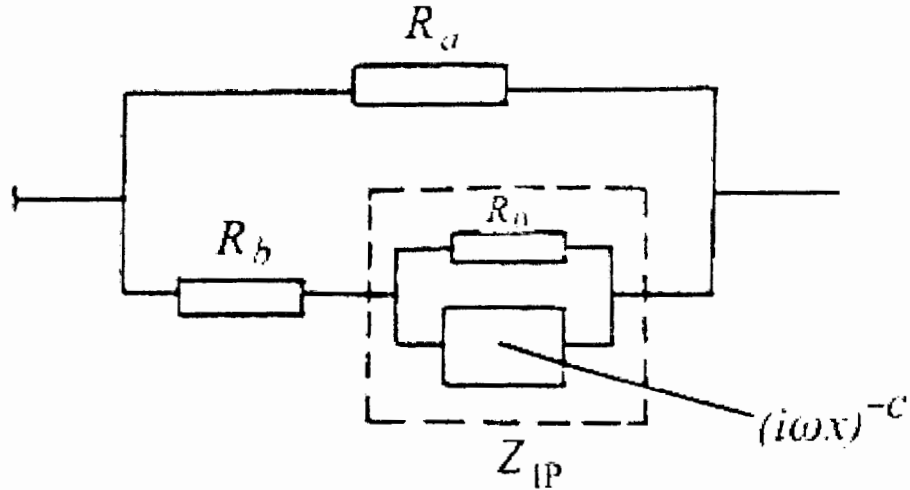
حالا می‌خواهیم به پیروی از پلتون و همکارانش یک واحد کوچک از سنگ کانی‌سازی شده یا حجم یک توده پلاریزه‌شونده را بررسی کنیم (شکل ۱-۳-الف).



شکل (۱-۳-الف) یک واحد کوچک از سنگ کانی‌سازی شده. شماره ۱: سنگ میزبان، شماره ۲: کانال انتقال آب، شماره ۳: تکه کانی هادی [۵].

در این واحد کوچک، کانی میزبان به عنوان یک عایق عمل می‌کند. کانالهای هدایت الکتریکی می‌تواند باز یا بوسیله دانه‌های کانی رسانا مسدود شده باشد. فقط کانالهای باز (کانالهای a) دارای مقاومت خالص R_a می‌باشند. در صورتیکه در مورد کانالهای بسته (کانالهای b) علاوه بر مقاومت R_b ناشی از رسانش الکتریکی و الکترونیکی، امپدانس برابر با Z_{IP} برای پلاریزاسیون سطحی حاصل از رسانش دانه‌ها در نظر گرفته می‌شود.

از معادله ۱-۱۰، Z_{IP} را می‌توان بصورت مداری موازی از مقاومت محض R_0 و رآکتانس $(i\omega x)^c$ بیان کرد. در نتیجه پلاریزاسیون حجمی را می‌توان بوسیله مدار معادل شکل (۱-۳-ب) شبیه‌سازی کرد و امپدانس معادل آن بصورت زیر بیان می‌شود.



شکل (۱-۳-ب): مدار معادل پلاریزاسیون حجمی [۵].

از نسبت‌های موازی و سری امپدانسها، امپدانس حوزه فرکانس برای شکل (۱-۳-ب) به صورت زیر بدست می‌آید:

$$Z(i\omega) = \left(\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b + Z_{IP}} \right)^{-1} = \frac{R_a(R_b + Z_{IP})}{R_a + R_b + Z_{IP}} \quad (11-1)$$

که در آن

$$Z_{IP} = \left[\frac{1}{R_0} + (i\omega x)^c \right]^{-1} = \frac{R_0}{1 + (i\omega x)^c R_0} = \frac{R_0}{1 + (i\omega \tau^{(s)})^c} \quad (12-1)$$

که

$$\tau^{(s)} = R_0^{1/c} x \quad (13-1)$$

پارامتر بالا دارای بعد زمان می‌باشد. این پارامتر مشخصات فرکانس یا زمان، اثرات پلاریزاسیون سطحی را شرح می‌دهد و ثابت زمان پلاریزاسیون سطحی^۱ نامیده می‌شود. فاکتور c، مقدار وابستگی امپدانس پلاریزاسیون سطحی را به فرکانس نشان می‌دهد و لذا به آن وابسته فرکانسی^۲ می‌گویند.

اگر $\omega = 0$ و $Z_{IP} = R_0$ باشد، سپس:

$$Z(0) = \frac{R_a(R_b + R_0)}{R_a + R_b + R_0} \quad (14-1)$$

اگر $\omega \rightarrow \infty$ و $Z_{IP} \rightarrow 0$ داریم:

¹ Time constant of surface polarization

² Frequency dependence

$$Z(\infty) = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b} \quad (15-1)$$

قطبش پذیری محدود یا بارپذیری^۱ با رابطه زیر بیان می‌شود:

$$m = \frac{Z(0) - Z(\infty)}{Z(0)} = \frac{R_a R_0}{(R_a + R_b)(R_b + R_0)} \quad (16-1)$$

با جایگذاری رابطه (۱۲-۱) در (۱۱-۱) و قرار دادن مقدار آن در معادلات (۱۴-۱) و (۱۵-۱)، و

معرفی یک پارامتر جدید بصورت زیر:

$$\tau = x \left[\frac{(R_a + R_b) R_0}{R_a + R_b + R_0} \right]^{1/c} \quad (17-1)$$

در رابطه بالا τ معرف ثابت زمان پلاریزاسیون حجمی است که با ثابت زمان پلاریزاسیون سطحی (رابطه (۱۳-۱)) فرق می‌کند. در ادامه می‌توان امپدانس معادل شبکه را بصورت زیر نوشت:

$$Z(i\omega) = Z(0) \left\{ 1 - m \left[1 - \frac{1}{1 + (i\omega\tau)^c} \right] \right\} \quad (18-1)$$

در رابطه بالا m معرف کمیت بارپذیری، c وابسته فرکانسی و τ ثابت زمان پلاریزاسیون حجمی است که در ادامه به اختصار به آن کمیت ثابت زمانی گفته می‌شود. کمیت‌های ذکر شده همانطور که قبلاً گفته شده به اسم پارامترهای طیفی کل-کل معروفند.

با نرمالیزه کردن (به صورت عادی و معمولی در آوردن) امپدانس $Z(i\omega)$ و $Z(0)$ بوسیله

اندازه‌گیری آرایش و محاسبه مقاومت ویژه با رابطه زیر:

$$\rho = K \frac{\Delta U}{I} = KZ \quad (19-1)$$

(که در آن k فاکتور هندسی است) می‌توانیم عبارت مقاومت ویژه مختلط را برای پلاریزاسیون حجمی به دست آوریم:

$$\rho(i\omega) = \rho(0) \left\{ 1 - m \left[1 - \frac{1}{1 + (i\omega\tau)^c} \right] \right\} \quad (20-1)$$

معادله (۱۸-۱) و (۲۰-۱) رفتار فرکانسی امپدانس مختلط پلاریزاسیون القایی یا رفتار

فرکانسی مقاومت ویژه مختلط را شرح می‌دهد و این معادلات شبیه به عبارت کل^۱ است که او در سال

^۱ Chargeability

۱۹۴۱ برای شرح پلاریزاسیونهای دی‌الکتریک مورد استفاده قرار داد. بدین جهت است که معادله (۱-۱۸) را به عنوان انتشار فرکانس کل-کل^۲ یا خیلی ساده‌تر مدل کل-کل می‌خوانند. پلتون و همکارانش در سال ۱۹۷۸ بر اساس اندازه‌گیریهای متعدد روی رخنمون سنگها و نمونه کانه‌سنگها، برای نخستین بار خاطر نشان کردند که این مدل (مدل کل-کل) را می‌توان برای تفسیر و شرح طیف پلاریزاسیون القایی بکار برد [۱۲]. با استفاده از مکانیزم الکتروشمیایی اثرات پلاریزاسیون القایی و نتایج قبل، اعتبار انتشار فرکانس کل-کل را برای شرح طیف پلاریزاسیون القایی تصدیق کرده‌ایم.

از مقایسه معادله (۱-۱۳) و (۱-۱۷) داریم:

$$\tau = \tau^{(s)} \left(\frac{R_a + R_b}{R_a + R_b + R_0} \right)^{1/c} < \tau^{(s)} \quad (۲۱-۱)$$

این رابطه نشان می‌دهد که ثابت زمان اثرات پلاریزاسیون حجمی (τ) معمولاً از ثابت زمان اثرات پلاریزاسیون سطحی ($\tau^{(s)}$) ذرات کانی رسانا کوچکتر است. هرچه ذرات کانی پلاریزه‌شونده کوچکتر باشد R_0 مقاومت سطحی بزرگتر و کوچکتر بودن τ از $\tau^{(s)}$ بیشتر می‌شود. برعکس، هرچه ذرات کانی پلاریزه‌شونده بزرگتر باشد R_0 کوچکتر می‌شود و τ به $\tau^{(s)}$ نزدیکتر می‌شود. در محدوده‌های کوچک وقتی کانیهای پلاریزه‌شونده جاهای خالی سنگ را پر می‌کند، ثابت زمان پلاریزاسیون حجمی به سمت ثابت زمان پلاریزاسیون سطحی میل می‌کند $\tau \rightarrow \tau^{(s)}$. این نتایج با تئوری و نتایج حاصل از اندازه‌گیری توسط ویت در سالهای ۱۹۵۹، ۱۹۸۲، ۱۹۸۹، و ننگ^۳ در سال ۱۹۷۹، پلتون و همکارانش در سال ۱۹۷۸، ژنگ^۴ و همکارانش در سال ۱۹۸۴ مطابقت دارد [۵].

این گونه تغییر رفتار τ با ذرات کانی پلاریزه‌شونده، پایه تئوری مناسبی را برای شناخت توده‌های پلاریزه‌شونده برطبق ساخت و بافت آنها با استفاده از ثابت زمانی فراهم می‌کند.

از طرف دیگر با مقایسه معادله (۱-۱۲) و (۱-۱۸) می‌بینیم که هم امیدانس پلاریزاسیون حجمی و هم امیدانس پلاریزاسیون سطحی، وابسته فرکانسی (c) یکسانی دارند. ولی این نتیجه از یک محیط سنگی کانی‌سازی شده مجزا، استخراج شده و فقط برای سنگهای کانی‌سازی شده با کانی‌های همگن معتبر است. اگر کانی‌های رسانا درون اینگونه سنگها غیر همگن باشند، نتایج قبل

¹ Cole

² Cole-Cole frequency dispersion

³ Wong

⁴ Zhang

را نمی‌توان روی تمام سنگ کانی‌سازی شده بسط داد. تقریباً تمام سنگها دارای چندین محیط پلاریزه‌شونده با کانیها و ثابت زمانهای مختلف می‌باشند. بنابراین حتی اگر رفتارهای الکتروشیمیایی کانیها و محلول در برگیرنده آنها برای هر محیط پلاریزه‌شونده یکسان باشد (یعنی c یکسان باشد) اختلاف در مقادیر ثابت زمانی، طیف مقاومت‌ویژه مختلط وسیع‌تری را به وجود می‌آورد و در نتیجه باعث کاهش c ظاهری می‌شود. برای توضیح بیشتر، اگر وابسته فرکانس پلاریزاسیون سطحی را $c^{(s)}$ بنامیم. آنگاه رابطه بین $c^{(s)}$ و وابسته فرکانس پلاریزاسیون حجمی (c) بصورت زیر بیان می‌شود.

$$c \leq c^{(s)} \quad (22-1)$$

اگر ذرات کانی‌سازی شده همگن باشند، در رابطه (۲۲-۱) تساوی برقرار است و اگر ذرات غیر همگن باشند تساوی در این رابطه دیگر برقرار نمی‌باشد. هرچه ذرات غیر همگن‌تر باشند وابسته فرکانس پلاریزاسیون حجمی (c) کوچکتر می‌شود. با استفاده از نتایج اندازه‌گیری شده از نمونه‌های طبیعی و مصنوعی توسط لیوئو و ژنگ و دیگر محققان نتایج این تئوریه‌ها تأیید شده است. برای مثال آنها متوجه شده‌اند که مقدار وابسته فرکانس پلاریزاسیون سطحی برای گرافیت متراکم گلوله‌ای بین ۰/۵۸ تا ۰/۸۵۲ است. در صورتی که وابسته فرکانس پلاریزاسیون حجمی برای پودر گرافیتی با ۰/۳۰٪ یک شکلی بین ۰/۵۸ تا ۰/۶۷ می‌باشد (لیوئو و ژنگ در سال ۱۹۸۸). فو و ژنگ متوجه شدند وابسته فرکانسی پلاریزاسیون سطحی برای نمونه‌های گرافیت متراکم بین ۰/۸۵ تا ۰/۹۵ می‌باشد ولی وابسته فرکانسی پلاریزاسیون حجمی برای نمونه‌های گرافیت افشان همگن بین ۰/۷۵ تا ۰/۹۶ می‌باشد. به عنوان یک استثناء آنها وابسته فرکانس پلاریزاسیون سطحی را برای نمونه‌های مس توده‌ای بین ۰/۳۴ تا ۰/۵ بدست آوردند که کوچکتر از ۰/۵ بود. بعلاوه فو و همکارانش در سال ۱۹۸۵ زمان طیفی را برای سطح ستونهای گرافیتی پلاریزه‌شونده به $c=0/76$ و برای پیریت متراکم به $c=0/59$ برگرداندند.

نتایج این اندازه‌گیریها نشان می‌دهد که وابسته فرکانس پلاریزاسیون سطحی و پلاریزاسیون حجمی (c) برای کانیهای همگن، بزرگ و عموماً بین ۰/۵ و ۱ است. داده‌های بدست آمده از اندازه‌گیری روی رخنمونها و کانه‌سنگها نشان می‌دهد که برای سنگهای کانی‌سازی شده افشان (پراکنده)، به علت یک شکل بودن اندازه آنها مقدار c بین ۰/۴ تا ۰/۶ است و اینکه برای سنگهایی با بافت کانی‌سازی فشرده به علت نامنظم بودن اندازه دانه‌ها مقدار c بین ۰/۲ تا ۰/۴ است. نتایج اندازه‌گیری شده، برای یک منطقه (نشان داده شده در جدول ۱) را می‌توان به عنوان بعضی

شاخصهای نمونه مورد توجه قرار داد. شبکه‌های رگه‌ای یا توده‌های کانی‌سازی شده متراکم با تراکم بالای کانی‌سازی و اتصال خوب کانی‌ها شبیه به توده‌های پلاریزه‌شونده سطحی هستند و لذا c آنها، بزرگتر مساوی 0.5 است. ($c \geq 0.5$)

جدول ۱-۱: داده‌های وابسته فرکانسی از رخنمونهای در جنوب چین [۵].

نوع سنگ	دامنه مقادیر c	مقدار متوسط c
دیوریت هوازده	۰/۴۴-۰/۷۲	۰/۵۸
دیوریت	۰/۲۵-۰/۷۵	۰/۵۳
مرمر	۰/۳۵-۰/۶۹	۰/۵۲
دیوریت پروفیری	۰/۲۹-۰/۴۱	۰/۳۸
گوسن هوازده آبرفتی	۰/۲۸-۰/۴۵	۰/۳۵
گوسن (پوشش اکسید آهن)	۰/۱۴-۰/۴۸	۰/۳۱
دیوریت کانی‌سازی شده	۰/۲-۰/۳۲	۰/۲۱

تئوری و نتایجی که در اینجا برای c سنگها ارائه شد، اصول فیزیک-شیمی برای تشخیص توده‌های پلاریزه‌شونده محلی از میزبانهای پلاریزه‌شونده و همچنین برای شناخت توده‌های پلاریزه‌شونده بر طبق همگن بودن دانه‌ها و پیوستگی آنها باهم با استفاده از مفهوم وابسته فرکانسی فراهم می‌کند [۵].

موارد اشاره شده در این فصل را می‌توان به شکل زیر دسته‌بندی نمود:

۱- ثابت زمان پلاریزاسیون حجمی (τ) کانه سنگها با افزایش اندازه ذرات کانی‌سازی شده افزایش می‌یابد. این موضوع، اساسی برای استفاده از τ در شناخت توده‌های پلاریزه‌شونده بر طبق ساختار آنها فراهم می‌کند. مقادیر τ دامنه گسترده‌ای دارد (از 0.1 تا 100) و در واقع یک آشکارساز حساس برای بافت نوع سنگ محسوب می‌شود. از این رو τ یک پارامتر اساسی برای روش SIP می‌باشد.

۲- وابسته فرکانسی c برای پلاریزاسیون سطحی و پلاریزاسیون حجمی با دانه‌بندی یکنواخت بین 0.5 تا 1 است. در سنگهای کانی‌سازی شده وابسته فرکانس c کاهش می‌یابد زیرا اندازه ذرات

یکنواخت نیست. برای سنگهایی که ذرات کانی‌سازی شده در ماتریس سنگ بصورت تُنک و پراکنده هستند مقدار c بزرگتر است و دامنه آن در حدود $0/4-0/6$ است. زیرا ذرات کانی‌سازی شده تقریباً همگن هستند. برای سنگهایی که ذرات کانی‌سازی شده در آنها فشرده است مقدار c بین $0/2-0/4$ ، یا کوچکتر است. زیرا این ذرات معمولاً غیر همگن هستند. فاکتور c معمولاً برای سنگهای توده‌ای یا رگه‌ای با کانی‌سازی قوی و اتصال خوب کانی‌های هادی برابر با $0/5$ یا بزرگتر است. نقشی که برای c در این فصل برای سنگها در نظر گرفته شده مبنای فیزیک-شیمی را برای شناخت توده‌های پلاریزه‌شونده برطبق ساختار آنها با استفاده از مفهوم وابسته فرکانسی فراهم می‌کند، بنابراین علاوه بر τ ، c یک پارامتر مهم دیگر در روش SIP محسوب می‌شود [۵].

۱-۳ هدف از انجام پایان‌نامه

کارهای متداولی که امروزه در حوزه زمان برای اکتشاف کانی‌ها پراکنده به روش پلاریزاسیون القایی انجام می‌شود غالباً تفسیر کیفی پارامترهای مقاومت‌ویژه و بارپذیری محدود در قسمتی از منحنی واپاشی است. تفسیر و ترسیم این پارامترها به صورت کیفی اطلاعات دقیقی در مورد تجمع و نوع کانی‌سازی نمی‌دهد به عبارت دیگر روش پلاریزاسیون القایی از تشخیص نوع کانی‌های فلزی و غیر فلزی پلاریزه‌شونده عاجز است این کار را به راحتی می‌توان با پلاریزاسیون القایی طیفی (SIP) انجام داد، چرا که پارامترهای طیفی پلاریزاسیون القایی، نمایانگر مشخصه‌های چشمه‌های IP هستند و با پردازش پارامترهای پلاریزاسیون القایی طیفی، می‌توان نقشه‌های ویژه‌ای فراهم نمود که ما را در تفکیک تپه‌های کانی‌سازی کمک کند.

اهمیت مطالب گفته شده در بالا ایجاب می‌کند علاوه بر بررسی دو پارامتر مقاومت‌ویژه ظاهری و بارپذیری محدود، از سه پارامتر دیگر به نام پارامترهای طیفی (کل-کل) شامل c ، τ و m نیز استفاده شود تا به نتایج دقیق‌تری در مورد نوع کانی‌سازی و تجمع آنها پی‌ببریم. همچنین برای رسیدن به مقاطعی دقیق‌تر لازم است بر روی داده‌ها، مدل‌سازی معکوس انجام گیرد.

در این پایان نامه سعی شده بعد از بررسی و تصحیح عوامل تأثیرگذار بر روی پارامترهای طیفی و مدل سازی بر روی پارامترهای مقاومت ویژه و بارپذیری محدود، مقایسه‌ای بین مقاطعی که با نرم افزار Res2div [۲۲] حاصل می‌شود با شبه مقاطعی که بطور کیفی ترسیم می‌شود صورت بگیرد تا از این طریق به صحت و درستی شبه مقاطع پی ببریم.

۴-۱ ساختار پایان نامه

در فصل حاضر مبانی فیزیکی-شیمیایی پلاریزاسیون القایی طیفی به تفصیل مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای طیفی در حوزه فرکانس و در حوزه زمان قابل محاسبه است. در هر دو حوزه به یک جواب واحد می‌رسیم در واقع این دو تجلی مختلف از یک واقعیت فیزیکی می‌باشند. اما کار در حوزه زمان خیلی سریعتر و آسانتر از حوزه فرکانس می‌باشد. برتری حوزه فرکانس نسبت به حوزه زمان در شرایط سیگنال به نویز بالاتر می‌باشد [۸]. پارامترهای طیفی در حوزه زمان با دستگاه ۱۲- IPR ساخت شرکت Scintrex کانادا به دست آمده است که توضیح بیشتر در فرآیند رسیدن به پارامترهای طیفی و کار با دستگاه و قابلیت‌ها و محدودیت‌های آن و همچنین نويزهای احتمالی و رویه حذف آنها در فصل دوم گنجانده شده است.

کارهایی که کل-کل و پلتون و همکارانش در مورد طیف‌سنجی IP انجام دادند کارهای نظری و نتایج آزمایشگاهی انجام شده بر روی مدل‌های همگن بودند در صورتی که در کاربردهای عملی، اندازه‌گیری معمولاً روی یک زمین غیر همگن انجام می‌شود و داده‌های اندازه‌گیری شده، طیفهای مقاومت ویژه ظاهری می‌باشند. با این وجود آیا پارامتر ظاهری همانند پارامتر واقعی نملیانگر مشخصه چشمه‌های IP نیز هستند یا نه؟ و در چه مواقعی این پارامترها باید تصحیح شوند؟ یکی از این عوامل، این است که در مدل کل-کل شاخصی برای مقاومت محیط میزبان در نظر گرفته نشده بود. پس یکی از عواملی که باعث تبدیل پارامترهای واقعی به ظاهری می‌شود، مقاومت ویژه محیط میزبان است. عامل دیگر عمق دفن کانی مورد نظر است که نه تنها باعث تبدیل پارامترهای واقعی به ظاهری می‌شود بلکه باعث تضعیف آن نیز می‌شود. عامل سوم که خیلی مهم‌تر از دو عامل ذکر شده می‌باشد، این است که اگر محیط میزبان پلاریزه شونده باشد، علاوه بر تأثیرگذاری روی پارامترهای واقعی، کلیه

پارامترهای اندازه‌گیری شده باید تصحیح شوند که در این صورت کار به مراتب مشکل‌تر و سخت‌تر می‌شود [۵]. بحث در مورد این عوامل تأثیرگذار بر روی پارامترهای واقعی به تفصیل در فصل سوم آورده شده است.

در فصل چهارم منطقه معدنی احمدآباد در شمال شرق بندرعباس مورد مطالعه قرار گرفته است. در این منطقه ابتدا برای پی بردن به نقاط امیدبخش از ۸ آرایه مستطیلی با خطوط جریان ۶۰۰ و ۳۰۰ متر و سپس ۴ آرایش دوقطبی-دوقطبی بر روی پروفیل‌های مورد نظر صورت پذیرفت. در فصل پنجم نتایج و پیشنهادات مطالعات و بررسی‌های انجام شده در این پایان‌نامه آورده شده است.

فصل دوم: حصول پارامترهای طیفی و نحوه اندازه‌گیری آن در دستگاه IPR-۱۲

۱-۲ حصول پارامترهای طیفی

پلتون و هالوف^۱ با مطالعه در حوزه فرکانس و بکارگیری انتقال یک موج چند فرکانسی در زمین و اندازه‌گیری تغییرات امپدانس مختلط مربوط به آن بصورت یک طیف فرکانسی، بنیانگذار روش SIP در سال ۱۹۷۸ بودند [۸]. البته امپدانس مختلط یک زمین و آرایش الکترودی بخصوص، ممکن است با یک مدل کل-کل مجزا انطباق خوبی نداشته باشد. انحراف از این مدل ممکن است به علت بالا بودن اثرات القایی در مناطق فوق‌العاده رسانا و یا در مجاورت چشمه‌های مختلف پلاریزاسیون القایی باشد [۵ و ۸ و ۱۸]. با این وجود، آنها روش سودمندی را ابداع کردند که بطور معمول می‌تواند در تعیین مشخصات چشمه‌های مختلف پلاریزاسیون القایی بکار رود.

این سؤال پیش می‌آید که بهر حال، مؤثرترین روش برای یافتن داده‌های طیف‌سنجی پلاریزاسیون القایی (یا همان پارامترهای کل-کل) چگونه حاصل می‌شود؟

در حوزه فرکانس، مؤثرترین روش ارسال مداوم موجهایی با فرکانس‌های پایه‌ای مختلف معمولاً در محدوده فرکانسی ۰/۰۱ تا ۱۰۰ هرتز می‌باشد. در حوزه زمان این امر از طریق ثبت و اندازه‌گیری افت منحنی واپاشی ولتاژ بعد از قطع جریان، مؤثر می‌شود که بصورت وقفه‌های ۲ ثانیه و یا بیشتر بکار می‌رود. اندازه‌گیری حوزه فرکانس دارای این مزیت است که اندازه سیگنال به نویز در هر فرکانسی بالاتر است اما اندازه‌گیری حوزه زمان یک برتری دارد و آن اندازه‌گیری در زمان کمتر است.

^۱ Pelton and Hallof

چرا که هر منحنی واپاشی با خودش یک سری اطلاعات مربوط به اثرات IP به نوبه خود در محدوده سه دهه فرکانسی از ۰/۱ تا ۱۰۰ هرتز را دارد. برای گسترش این محدوده حتی در فرکانسهای کمتر نیاز است که از وقفه‌های زمانی طولانی‌تر برای قطع و وصل بودن جریان استفاده شود [۱۸].

بدین ترتیب پارامترهای m ، τ و c را می‌توان یا از طریق آنالیز واکنش زمینی به چندین جریان AC فرستاده شده با فرکانسهای مختلف (IP حوزه فرکانس) و یا طریق افت جریان مربوط به وقفه ارسال جریان موج مربعی (IP حوزه زمان) مشخص کرد. روش دوم، روش راحت‌تری چه از لحاظ رسیدن به داده‌های طیف‌سنجی پلاریزاسیون القایی و چه از لحاظ زمان برداشت نسبت به روش اول است. در عمل، در حوزه زمان داده‌های طیف‌سنجی پلاریزاسیون القایی را می‌توان از انطباق منحنی واپاشی با یک دست از منحنی‌های کمکی کل-کل که قبلاً برای پارامترهای مختلف m ، τ و c تهیه شده است بدست آورد. این انطباق می‌تواند خواه بصورت Off-line یعنی بعد از انتقال داده‌های اندازه‌گیری شده به کامپیوتر صورت بگیرد و یا بصورت On-line که جدیداً ریز پردازنده‌هایی در دستگاه‌های گیرنده تعبیه شده که مستقیماً روی داده‌های اندازه‌گیری شده عمل انطباق را انجام می‌دهد و پارامترهای کل-کل را محاسبه می‌کند، صورت بگیرد [۵ و ۸ و ۱۸].

البته حداقل در تئوری، در همه اندازه‌گیرهای IP، بدون توجه به شکل موج جریان القایی در صورتی که طیف فرکانسی یکسانی را بکار ببرند و اگر اطلاعات کافی گرفته شده به درستی تجزیه و تحلیل شود، می‌توان اطلاعات مشابهی را فراهم کنند.

پلتون و همکارانش [۱۸] پیشنهاد کردند که مدل امپدانس حوزه فرکانس کل-کل باید در مورد یک قطعه سنگ کانی‌سازی شده پذیرفته شود. این مدل پیشنهاد می‌کند که امپدانس مختلط یک دستگاه چهار الکترودی را که در بردارنده یک قطعه زمین پلاریزشونده است را می‌توان بصورت عبارت ریاضی زیر بیان کرد.

$$Z(i\omega) = Z(0) \left\{ 1 - m \left[1 - \frac{1}{1 + (i\omega\tau)^c} \right] \right\} \quad (1-2)$$

که:

$Z(i\omega)$: امپدانس میدان برحسب اهم.

$Z(0)$: مقاومت dc برحسب اهم.

m : دامنه بارپذیری بدون بعد.

τ : ثابت زمانی در واحد ثانیه.

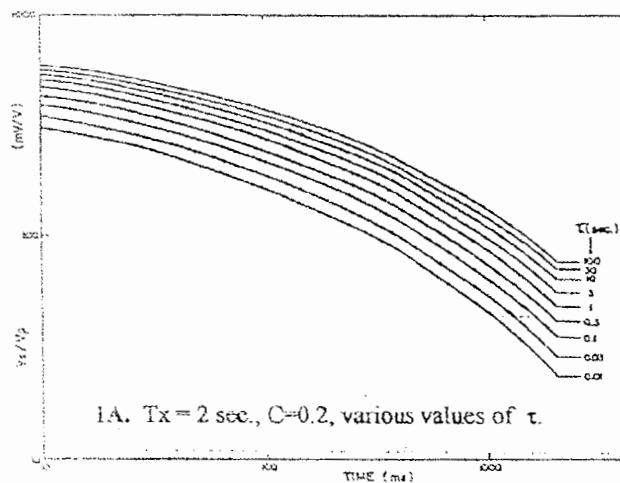
ω : فرکانس زاویه‌ای در واحد عکس ثانیه.

c : وابسته فرکانسی بدون بعد و $i = \sqrt{-1}$ است.

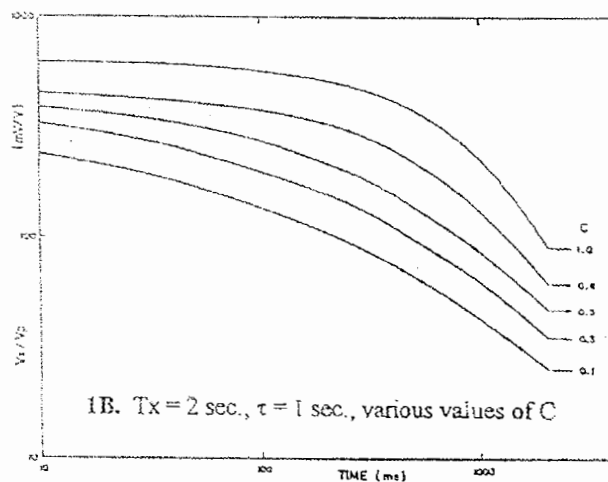
سه پارامتر کل-کل (c, τ, m) هر کدام خاصیت فیزیکی وابسته به چشمه IP را دارند. پارامتر بارپذیری m عبارت است از ولتاژ باقی‌مانده بلافاصله بعد از قطع پالس جریانی که بطور نامحدود ارسال شده تقسیم بر ولتاژ مشاهده شده درست قبل از قطع جریان و مقدار آن در محدوده ۰ تا ۱ است. با افزایش تمرکز کانیهای پلاریزه‌شونده مقدار بارپذیری افزایش می‌یابد. ثابت زمانی τ تعیین‌کننده آهنگ افت ولتاژ باقی‌مانده است و به همراه اندازه میانگین دانه‌بندی کانی‌های فلزی در چشمه IP افزایش می‌یابد. در واقع ثابت زمانی τ بیشتر به مربع اندازه متوسط دانه‌بندی وابسته است. در عمل گستره تغییرات این پارامتر خیلی زیاد و از میلی ثانیه تا هزار ثانیه می‌باشد. توان c کنترل‌کننده شکل منحنی واپاشی ولتاژ در مقیاس لگاریتمی- لگاریتمی است و از نظر فیزیکی به توزیع اندازه ذرات در چشمه IP وابسته است. در عمل، توان c در محدوده تقریبی ۰/۱ (برای توزیع پراکنده) تا ۰/۶ (برای توزیع فشرده) قرار دارد. در بیشتر مشاهدات مقدار آن بطور تقریبی بین ۰/۱ تا ۰/۳ قرار دارد [۸].

برای تسهیل در اندازه‌گیریها، شرکت سینترکس طراحی یک گیرنده چند کانالی و تهیه یک نرم افزار برای تجزیه و تحلیل کامپیوتری داده‌های مربوط به پارامتر کل-کل را از روی منحنی افت جریان برعهده گرفت. برای تشخیص بهترین انطباق پارامترهای کل-کل می‌توان از لحاظ تئوری به طور مستقیم تبدیل فوریه منحنی‌های افت ولتاژ واپاشی شده را به دست آورد و سپس در حوزه فرکانس بهترین انطباق منحنی را در محدوده فازی بدست آورد. روش ساده‌تر و راحت‌تر که در دستگاههای گیرنده از آن استفاده می‌شود این است که برای مقادیر مختلف c و τ در هر یک از زمانهای قطع و وصل جریان یک دسته منحنی واپاشی از لحاظ تئوری تهیه می‌گردد. این منحنی‌ها را می‌توان در شکلهایی که یک محور آن لگاریتم دامنه و محور دیگر آن لگاریتم زمان است رسم کرد. این امر باعث مجزا شدن شکل منحنی‌ها از بارپذیری می‌شود و به برنامه اجازه می‌دهد که فقط روی شکل منحنی‌ها بحث کند [۸].

در شکل‌های زیر یک سری از منحنی‌های انطباق نشان داده شده است، شکل (۲-۲-الف) یک دسته از منحنی‌های واپاشی را نشان می‌دهد که محور قائم آن نسبت V_S/V_P (نسبت ولتاژ ثانویه به ولتاژ اولیه) به صورت لگاریتمی و محور افقی آن نیز محور زمان در مقیاس لگاریتمی است. منحنی‌ها در این شکل برای حالتی که زمان قطع و وصل ۲ ثانیه است، رسم شده است. شکل (۲-۲-ب) نشانگر خانواده دیگری از منحنی‌های افت ولتاژ برای شکل موجهایی یکسان با $\tau = 1s$ و برای مقادیر مختلف C است. در هر دو مثال $m = 1$ است.



شکل (۲-۲-الف): منحنی‌های انطباق برای حالتی که مقدار پارامتر C ثابت و پارامتر ثابت زمانی متفاوت است [۸].



شکل (۲-۲-ب): منحنی‌های انطباق برای حالتی که مقدار پارامتر τ ثابت و پارامتر وابسته فرکانسی متفاوت است [۸].

از شکل (۲-۲-ب) می‌توان پی به این موضوع برد که برای مقادیر کوچک c ، تغییرات انحنای منحنی در فواصل لگاریتمی بسیار کوچک است و این بدین معنی است که تعیین τ که عمدتاً وابسته به تغییرات زمانی انحنای منحنی افت ولتاژ است برای مقادیر وابسته فرکانسی‌های کوچک بسیار ناپایدار است و تعیین τ در حالت دوم (شکل ۲-۲-ب) وقتی معتبرتر است که مقدار c بزرگتر باشد [۸]. علاوه بر این در خیلی از ایستگاههای صحرایی دقت قابل توجهی که نیاز است تا تعیین پارامترهای انتشار غیر مبهم باشند به آسانی بدست نمی‌آید. بطوری که با وجود نویز خیلی کوچک در بارپذیری قرائت شده، مقدار m و τ تعیین شده ممکن است در تکرار اندازه‌گیری در همان ایستگاه بطور قابل ملاحظه‌ای تغییر کند. کاربر دستگاه IPR-۱۲ می‌تواند این موضوع را از روی پرشهایی که در مقدار m و τ دیده می‌شود بفهمد [۱۸]. در اینجا حل مؤثر و کارساز برای حل این مشکل، ثابت نگه‌داشتن پارامتر c است. یعنی استفاده از منحنی‌های شکل (۲-۲-الف)، که مقدار c را معمولاً در برنامه‌های کامپیوتری که برای این منظور طراحی شده برابر با ۰/۲۵ می‌گیرند [۸ و ۱۸].

سئوالی که ممکن است پیش بیاید این است که با این کار پارامتر c ، یعنی وابسته فرکانسی را از دست می‌دهیم و آیا راه حلی برای ارزیابی پارامتر c وجود دارد یا نه؟

در کارهای اکتشافی بوسیله طیف‌سنجی پلاریزاسیون القایی، ارزش و دقت پارامتر τ به مراتب خیلی بیشتر و مهمتر از پارامتر c است چرا که پارامتر ثابت زمانی دارای محدوده گسترده‌ای از ۰/۰۰۱ تا ۱۰۰۰ ثانیه را دارد ولی وابسته فرکانسی محدوده‌ای از ۰ تا ۱ را دارد. اما راه حلی که برای ارزیابی پارامتر c وجود دارد این است که با اندازه‌گیری مجدد، غیر از زمان قطع و وصل بار اول می‌توان بر محدودیت ثابت بودن وابسته فرکانسی غلبه کرد. بطور کلی سه حالت ممکن است پیش بیاید که در زیر هر یک از این سه حالت بررسی شده است:

حالت اول) اگر پارامتر تخمین‌زده شده τ برای دو زمان متفاوت خیلی با هم فرق نکند (با ضریب ۲ یا کمتر) در این صورت مقدار واقعی پارامتر c نزدیک به مقدار ثابت شده ۰/۲۵ در دستگاه IPR-۱۲ می‌باشد. مثلاً اگر توده آنومالی پارامترهای زیر را داشته باشد $M = 302.38 mV/V, c = 0.22, \tau = 0.3$ و در قطع و وصل دو ثانیه‌ای از جریان به پارامترهای زیر برسیم $M = 265.75 mV/V, c = 0.25, \tau = 0.5s$ و همچنین در قطع و وصل ۳۲ ثانیه‌ای از جریان به پارامترهای زیر

$M = 267.75 \text{ mV/V}, c = 0.25, \tau = 0.5 \text{ s}$ برسیم می‌توانیم با قطعیت بگوییم که مقدار c مساوی $0/25$ و نزدیک به مقدار اصلی است.

حالت دوم) اگر پارامتر تخمین‌زده شده τ در زمان قطع و وصل بزرگتر، افزایش یابد. c واقعی کوچکتر از $0/25$ خواهد بود. برای مثال اگر پارامترهای واقعی توده آنومالی بصورت زیر باشد $M = 610.03 \text{ mV/V}, c = 0.1, \tau = 0.01 \text{ s}$ و در قطع و وصل دو ثانیه‌ای از جریان به پارامتر $M = 274.36 \text{ mV/V}, c = 0.25, \tau = 0.25 \text{ s}$ و در قطع و وصل 32 ثانیه‌ای به پارامترهای $M = 244.23 \text{ mV/V}, c = 0.25, \tau = 4 \text{ s}$ برسیم، می‌بینیم که $\tau = 4 \text{ s}$ در زمان 32 ثانیه‌ای خیلی بزرگتر از $\tau = 0.25 \text{ s}$ در زمان دو ثانیه‌ای است. پس c واقعی ($0/1$) کوچکتر از $0/25$ است.

حالت سوم) اگر پارامتر تخمین‌زده شده τ در زمان قطع و وصل بزرگتر، کاهش یابد. c واقعی بزرگتر از $0/25$ خواهد بود. برای مثال اگر پارامترهایی واقعی توده آنومالی بصورت زیر باشد $M = 217.75 \text{ mV/V}, c = 0.4, \tau = 3 \text{ s}$ ، τ بدست آمده در زمان دو ثانیه: 64 ثانیه و τ بدست آمده در زمان 32 ثانیه: $0/25$ ثانیه است که نتیجه می‌گیریم مقدار واقعی c ($0/4$) بزرگتر از $0/25$ است [۱۸].

همانطور که دیدیم برای ارزیابی پارامتر c احتیاج به زمان و هزینه‌ای دو برابر است که در منطقه مورد بررسی در این پایان‌نامه این امر محقق نیافت.

۲-۲ نحوه اندازه‌گیری در دستگاه IPR-۱۲

دریافت کننده مقاومت‌ویژه و پلاریزاسیون القایی حوزه زمان IPR-۱۲ ساخت شرکت سینترکس کانادا، اساساً برای اکتشاف ذخایر کانی‌های فلزی پایه و گرانبها، به همان خوبی برداشتهای ژئوالکتریکی که برای آبهای زیرزمینی و ژئوترمال استفاده می‌شود بکار می‌رود. برای اکتشاف کانی‌های فلزی روش پلاریزاسیون القایی می‌تواند خیلی مفید باشد چراکه ساختارهای زمین شناسی اغلب پلاریزاسیون القایی ثابتی دارند در صورتی که روش مقاومت‌ویژه این چنین نیست.

دستگاه IPR-۱۲ در آن واحد هشت سیگنال از هشت دوقطبی پتانسیل دریافت می‌کند و این هشت سیگنال را در حافظه ثبت کرده و بصورت خودکار پارامترها را محاسبه می‌کند. فرستنده و

گیرنده با هم هماهنگ هستند به این ترتیب که دوره تناوب و جای مثبت و منفی سیگنال در هر نیم دور از فرستنده عوض می‌شود. دوره‌های تناوب می‌توانند در مدت ۱ تا ۳۲ ثانیه تغییر کند. با IPR-۱۲ می‌توان ولتاژ اولیه (V_p)، پتانسیل خودزا (SP) و همچنین پلاریزاسیون القایی حوزه زمان (M_i) که به صفحات مشخصه از شکل موج دریافتی وابسته است را اندازه‌گیری کرد. ولتاژ اولیه، پتانسیل خودزا و پنجره‌های زودگذر مجزا بطور پیوسته در هر چرخه معدل‌گیری و تصحیح می‌شوند. بسته به زمان دریافت ۱۰ الی ۱۴ پنجره از پیش تعیین شده به طور همزمان برای هر دو قطبی اندازه‌گیری می‌شود. بعلاوه کاربر می‌تواند پنجره‌هایی که مورد نیاز دارد را نیز انتخاب کند. کل زمان دریافت از بین زمانهای ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ ثانیه قابل انتخاب است. فاکتور K ، مقاومت‌ویژه و پارامترهای آماری و پارامترهای کل-کل در حافظه با داده‌های اندازه‌گیری شده محاسبه و ثبت می‌شوند. از پارامترهای کل-کل، از قبیل: بارپذیری (M'') و ثابت زمانی (τ) برای c ثابت ($c = 0.25$)، می‌توان برای تشخیص اختلاف بین چشمه‌های دارای خاصیت بارپذیری براساس ساختار مختلف آنها استفاده کرد. دستگاه IPR-۱۲ بصورت خودکار فاکتور هندسی را برای آرایه‌های استاندارد محاسبه می‌کند. این توانایی برای آرایه‌هایی از قبیل گرادیانی و یا شلومبرژه که K آنها برای هر ایستگاه تغییر می‌کند خیلی سودمند است. دستگاه با استفاده از ولتاژ اولیه اندازه‌گیری شده و مقدار جریان ورودی در دریافت کننده، مقادیر مقاومت‌ویژه ظاهری هر دو قطبی را محاسبه و ثبت می‌کند.

همه برنامه‌های دستگاه را می‌توان از طریق ۱۷ کلید انتخاب کرد. از طریق صفحه نمایش می‌توان هر ۱۲ نوع منحنی مختلف را در طول یا بعد از اندازه‌گیری مشاهده کرد. بعلاوه کاربر می‌تواند پنجره‌هایی که مورد نیاز دارد را نیز انتخاب کند. داده‌ها را می‌توان به آسانی به چاپگر یا کامپیوتر شخصی منتقل کرد [۱۸].

۲-۱-۲-۲ اندازه‌گیری و محاسبات IPR-۱۲

دستگاه IPR-۱۲ پارامترهای زیر را برای هر دو قطبی اندازه‌گیری می‌کند.

- محاسبه فاکتور هندسی K برای مقاومت‌ویژه ظاهری
- مقاومت‌ویژه ظاهری

- پارامترهای کل-کل

بعلاوه سه پارامتر اضافی وجود دارد که دستگاه IPR-۱۲ اندازه‌گیری و ثبت می‌کند.

- مقاومت الکتروود

- زمان آغاز قرائت

- تکرار اندازه‌گیری در چرخه IP

✓ محاسبه فاکتور هندسی K

محاسبات فاکتور K براساس فرمول عمومی توزیع پتانسیل در یک جریان دوقطبی (منظور

جریانی تزریقی به زمین که دارای قطب مثبت و منفی است) بنا شده است.

$$\Delta V = \frac{I\rho}{K} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_1 P_2} - \frac{1}{C_2 P_1} + \frac{1}{C_2 P_2} \right) \quad (4-2)$$

گیرنده برای محاسبه فاکتور K اطلاعات موقعیت C_1, C_2 و P_1, P_2 را از صفحه نمایش موقعیت و واحدهای آنرا از صفحه نمایش اطلاعات (Info) می‌گیرد و نتیجه را بصورت اهم-متر برای محاسبه مقاومت ویژه بیان می‌کند. توجه داشته باشید که کدام الکتروود C_1 یا C_2 باشد اهمیت ندارد.

✓ محاسبه مقاومت ویژه ظاهری

مقاومت ویژه ظاهری بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$\rho_a = K \times \frac{V_p}{I} \quad (5-2)$$

که V_p ولتاژ اولیه برای دوقطبی مربوطه، I جریان فرستنده و K فاکتور هندسی است.

✓ محاسبه پارامترهای کل-کل

بارپذیری ظاهری (M''): اگر شارش جریان نسبتاً زیادی داشته باشیم که ناگهان قطع شود،

نسبت ولتاژ بلافاصله بعد از قطع جریان به ولتاژ قبل از قطع جریان را بارپذیری ظاهری می‌گوییم که

برحسب $\frac{mv}{v}$ بیان می‌شود.

دستگاه IPR-۱۲ دو کمیت را برای بارپذیری اندازه‌گیری می‌کند یکی بارپذیری مدل کل-کل (M'') و دیگری بارپذیری محدود (M_x) است. M'' بارپذیری ظاهری حاصل از ۱۴ پنجره زمانی می‌باشد و M_x بارپذیری محدود و بسته به نظر کاربر بارپذیری ظاهری حاصل از ۱ یا ۲ پنجره در ما بین ۱۴ پنجره زمانی است.

ثابت زمانی (τ): برحسب ثانیه بیان شده و مقادیر زیر برای آن منظور می‌شود.

$2^{-14} = 0.00006$	$2^{-13} = 0.00012$	$2^{-12} = 0.00024$	$2^{-11} = 0.00048$	$2^{-2} = 0.25$
$2^{-10} = 0.0009765$	$2^{-9} = 0.001953$	$2^{-8} = 0.003906$	$2^{-7} = 0.00781$	$2^3 = 8$
$2^{-6} = 0.0156$	$2^{-5} = 0.0312$	$2^{-4} = 0.0625$	$2^{-3} = 0.125$	$2^4 = 16$
$2^{-1} = 0.5$	$2^0 = 1$	$2^1 = 2$	$2^2 = 4$	$2^5 = 32$
$2^7 = 128$	$2^8 = 256$	$2^9 = 512$	$2^{10} = 1024$	$2^6 = 64$

وابسته فرکانسی (c): توجه داشته باشید که مقدار وابسته فرکانسی یعنی پارامتر c ، ثابت و

برابر با $0.25 \cdot 25$ ($c = 0.25$) در نظر گرفته می‌شود.

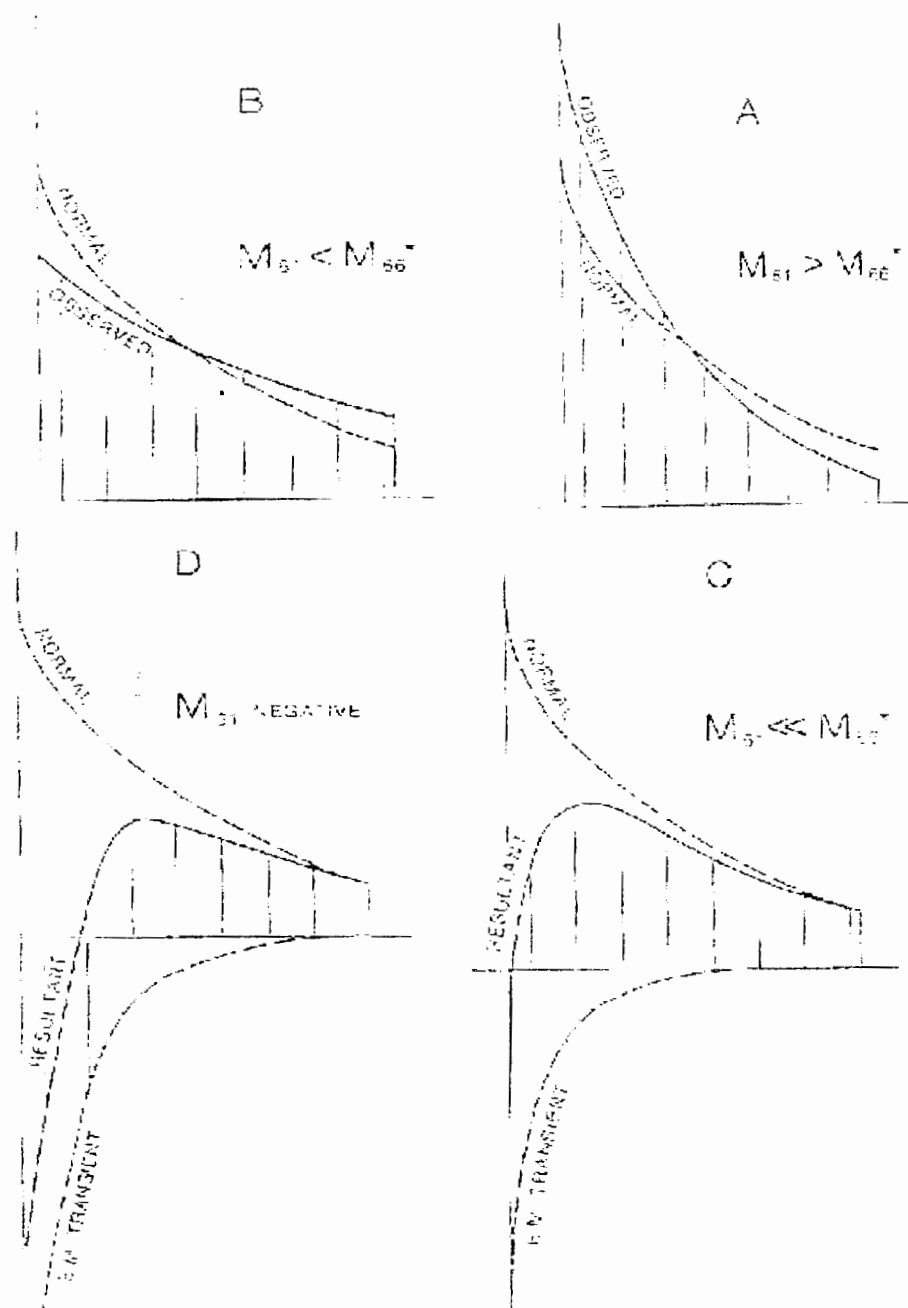
نمونه‌ای از پارامترهای اندازه‌گیری شده توسط دستگاه IPR-۱۲ به همراه توضیحات بعضی از پارامترها در پیوست الف آورده شده است.

چندین پدیده می‌تواند شکل منحنی میرایی پلاریزاسیون القایی حوزه زمان را تغییر دهد از

جمله آنها:

- جفت‌شدگی الکترومغناطیسی
- جفت‌شدگی بین سیمها
- تغییرات در اندازه‌های متوسط دانه‌های فلزی
- درجه پیوستگی دانه‌های فلزی
- چشمه‌های دیگر IP

شکل (۴-۲) این اثرات را شرح می دهد.



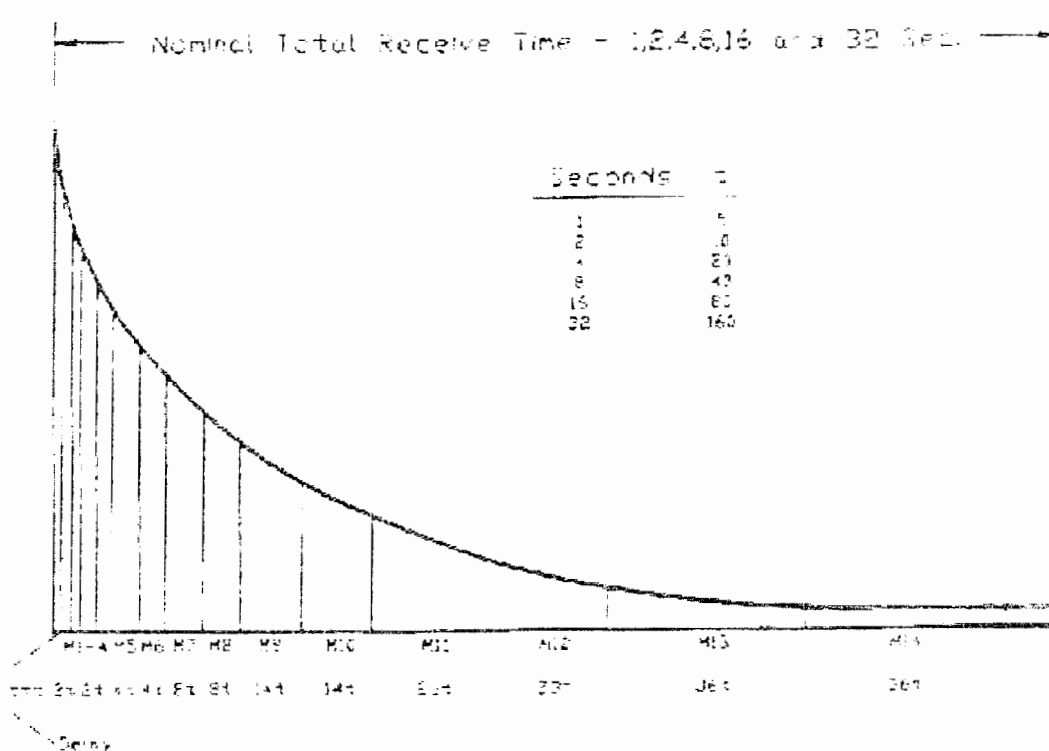
شکل ۴-۲ منحنی میرایی و تحت تأثیر قرارگرفتن آنها در اثر پدیده‌های مختلف [۱۹].

اثرات مثبت جفت‌شدگی الکترومغناطیسی یا اندازه کوچک ذرات، می‌تواند سبب منحنی میرایی شود که ابتدای آن از حالت عادی کمی بالاتر رفته و به سرعت با زمان افت می‌کند (حالت A). در حالت B با منحنی میرایی کندتری (آهسته‌تری) روبرو هستیم، که به علت اثرات منفی جفت‌شدگی الکترومغناطیسی یا جواب IP از ذرات بزرگ فلزی یا علت‌های دیگر بوجود آمده است. در حالت

C و D مقادیر پنجره‌های اولیه بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته یا مقادیر منفی به خود گرفته است ، که در این حالت اثر الکترومغناطیس گذرا از افزایش دامنه یا اثر دیگر آنومالیهای نزدیک IP را نشان می‌دهد.

✓ پنجره‌های زمانی

قسمت قسمت کردن زمان قطع جریان (زمان میرایی) به چندین پنجره زمانی، باعث حل بهتر منحنی میرایی می‌شود. پهنای این پنجره‌ها طوری انتخاب شده است که پنجره‌های نخستین کمترین پهنای و بطرف انتهای میرایی، پهنای پنجره‌ها بیشتر می‌شود (شکل ۲-۵). این روش اغلب و بخصوص زمانی که حالت‌های C و D اتفاق می‌افتد بکار گرفته می‌شود.



شکل ۲-۵: برش منحنی واپاشی به چند پنجره زمانی. t به t_{TX} وابسته است [۱۸].

جداول موجود در پیوست الف تقسیم‌بندی منحنی میرایی به چندین پنجره زمانی بر اساس زمان قطع جریان ($1s, 2s, 4s, 8s, 16s, 32s$) را نشان می‌دهند.

توجه:

۱) تعدادی از پنجره‌ها بصورت خودکار به علت جواب آهسته فیلتر و به علت اجتناب از نویز جفت‌شدگی الکترومغناطیس، وارد محاسبات کل-کل نمی‌شوند (این پنجره‌ها همان پنجره‌های اولیه از منحنی میرایی می‌باشند). لیست زیر برای زمانهای مختلف واپاشی و تعداد پنجره‌هایی که حذف شده و پنجره‌هایی که در محاسبات وارد می‌شوند را نشان می‌دهد.

تعداد پنجره‌هایی که در محاسبات وارد می‌شوند تعداد پنجره‌هایی حذف شده زمان میرایی

۱۰	۴	ثانیه ۱
۱۱	۳	ثانیه ۲
۱۳	۱	ثانیه ۳

برای زمان میرایی ۸ ثانیه به بالا همه پنجره‌ها در محاسبات استفاده می‌شوند. علاوه بر حذف خودکار پنجره‌های اولیه توسط کامپیوتر، شخص کاربر نیز می‌تواند پنجره‌های بیشتری را نیز حذف کند. البته حداقل به ۵ پنجره برای محاسبه مدل کل-کل نیاز است. پنجره‌هایی که حذف می‌شوند پنجره‌های متأثر از جفت‌شدگی الکترومغناطیسی می‌باشند.

۲) پنجره‌هایی که نویز زیادی دارند بصورت خودکار از محاسبات خارج می‌شوند. ملاک استفاده شده برای حذف این پنجره‌ها به این صورت است که مقدار باریز پذیری پنجره حذف شده کمتر از ۵ برابر مقدار انحراف معیار (S.D.)^۱ می‌باشد. این امر روی پنجره‌های بعدی (غیر از پنجره‌های اولیه) نیز پیاده می‌شود. اگر پنجره نام که برای محاسبه استفاده می‌شود مقدار باریز پذیری آن کمتر از ۵ برابر انحراف معیار باشد، پارامتر کل-کل تعیین نخواهد شد و نتیجه آن بصورت جای خالی در نمایش داده‌ها نشان داده می‌شود.

۲-۳ چشمه‌های نویز

هر نوع سیگنال الکتریکی نامحدود که به سیگنال IP دریافت شده تحمیل شود نویز گویند. اثر نویز روی سیگنال‌های ورودی ضعیف خیلی برجسته است و ممکن است در نهایت اندازه‌گیری صحیح را غیر ممکن سازد. بنابراین تا آنجا که امکان دارد باید مقدار نویز را به مقدار کمینه برسانیم.

^۱ Standard deviation

دو نوع چشمه نويز وجود دارد:

۱- چشمه نويز طبيعي

۲- چشمه‌های نويز ساخت بشر

۱-۳-۲ چشمه نويز طبيعي:

چشمه‌های گوناگونی از نويز وجود دارد که بصورت طبيعي اتفاق می‌افتد. اين نويزها شامل موارد زیر می‌گردد:

- نويز دستگاہی

- نويز تلوريك که به سيمها و الکترودها القاء می‌شود

- نويز توليد شده بوسیله سيمهای روکش دار

سطح نويز دستگاہ ۱۲-IPR معمولاً پایین‌تر از ديگر نويزهای محیط است که شما در برداشتهای صحرائی با آن روبرو می‌شوید.

نويز تلوريك در همه جا وجود دارد ولی از مکانی به مکان ديگر و از زمانی به زمان ديگر متفاوت است. نويز تلوريك به بزرگی وسعت فعاليت خورشیدی بستگی دارد.

نويزی که بوسیله سيمهای روکش دار توليد می‌شود، نويز در معنی واقعی نیست. اما نتایج نشان می‌دهد که داده‌های میدان شامل نويز می‌باشند. اين نويز به علت جذب دی‌الکتریک^۱ در سيمهای روکش دار توليد می‌شود و باعث یک واپاشی IP ظاهری در جایی که هیچ بارپذیری در زمین وجود ندارد می‌شود. نويز ایجاد شده بوسیله جذب دی‌الکتریک، به عایق‌بندی سيمها، درازای سيم و مقاومت الکتروود وابسته است. ظرفيت عایق^۲ را نباید با جذب دی‌الکتریک اشتباه کرد. چرا که ظرفيت عایق در واپاشی منحنی IP در حدود چند میکروثانیه دامنه است و از این رو مهم نیست.

۲-۳-۲ چشمه‌های نويز ساخت بشر:

خیلی از چشمه‌های نويز ساخت بشر می‌توانند باعث جلوگیری از حصول کیفیت خوب داده شوند. اين نويزها شامل موارد زیر می‌باشد:

¹ Dielectric absorption

² Insulation capacity

- تداخل سیمهای فشار قوی و امواج رادیویی.

- نويز توليد شده توسط لباس اپراتور بويژه اگر لباسهای نایلونی و یا چکمه‌های پلاستیکی در زمستان پوشیده باشد.

- نويز حاصل از مغشوش و درهم بودن سیمها.

- دریافت پتانسیل خودزا، تولید شده بوسیله پلاریزاسیون الکترودهای فلزی.

- نشت الکتريکی به علت پوسیدگی روکش سیمها

اپراتور می‌تواند سبب ایجاد نويز از راههای مختلف شود. اگر اپراتور لباسهای نایلونی یا چکمه‌های پلاستیکی در زمستان بیوشد می‌تواند سبب نويز خیلی زیادی شود، بويژه اگر مقاومت الکتروود بالا باشد. برای نتیجه بهتر تا آنجا که امکان دارد، اطراف الکتروودها حرکت نکنیم و به آنها دست نزنیم. اگر اپراتوری سیمها را هنگامی که اندازه‌گیری صورت می‌گیرد مغشوش و درهم کند، جداسازی سیمها ممکن است سبب بد شکلی سیگنال و ایجاد نويز شود.

دریافت پتانسیل خودزا ممکن است داده‌های شامل نويز را تولید کند. این نويز به علت قطبشی است که در سطح الکتروودهای پتانسیل حاصل می‌شود.

در برداشتهای الکتريکی صورت گرفته در منطقه مورد مطالعه سعی شده تا آنجا که امکان دارد تأثیر چشمه‌های نويز ساخت بشر و چشمه‌های نويز طبیعی روی داده‌های اندازه‌گیری شده به حداقل مقدار خودش برسد. اما نويزی که باعث نگرانی است نويز متأثر از جفت‌شدگی الکترومغناطیسی می‌باشد. تأثیر این نويز بیشتر روی پنجره‌های اولیه می‌باشد و همانطور که گفته شد دستگاه IPR-۱۲ بصورت خودکار می‌تواند چند پنجره اول را در بعضی از زمانهای قطع و وصل را حذف کند علاوه بر این شخص کاربر با مراجعه به صفحه نمایش نويز هر دو قطبی (که یکی از قابلیت‌های خیلی مهم این دستگاه است) می‌تواند تعدادی بیشتر از پنجره‌های اولیه را که تحت تأثیر نويز جفت‌شدگی الکترومغناطیس قرار گرفته‌اند را حذف کند. بنابراین بدین وسیله می‌توانیم بدون هیچ برنامه ریاضی، تأثیر نويز جفت‌شدگی الکترومغناطیسی را در برداشتهای صورت گرفته کاهش دهیم [۱۸].

فصل سوم: عوامل تأثیرگذار بر روی پارامترهای حقیقی

۱-۳ اثرات مقاومت ویژه محیط میزبان

۱-۱-۳ فاکتورهای رقیق سازی^۱

برای فهمیدن ارتباط بین پارامترهای طیف حقیقی و ظاهری، پارامترهای $\beta_m = m_a/m_2$ ، $\beta_c = c_a/c_2$ و $\beta_\tau = \tau_a/\tau_2$ را معرفی می‌کنیم و آنها را بترتیب فاکتورهای رقیق سازی m ، τ و c می‌نامیم (اندیس a معرف پارامتر ظاهری و اندیس 2 معرف پارامتر واقعی می‌باشد). اگر سنگ میزبان غیرپلاریزه‌شونده باشد، تقریب $c_a = c_2$ ($\beta_c = 1$) معمولاً درست است و بنابراین این موضوع را اینجا شرح نمی‌دهیم [۵].

۱-۱-۱-۳ فاکتور رقیق سازی ثابت زمان^۲

مدار معادل نشان داده شده در شکل (۱-۳) برای شرح رفتار فاکتور رقیق سازی ثابت زمان (β_τ) اتخاذ شده است. خط توپر معادل مدار اتخاذ شده توسط پلتون و همکارانش است که در سال ۱۹۷۸ برای شرح رفتار یک توده پلاریزه‌شونده همگن اتخاذ شد [۵]. بارپذیری و ثابت زمان واقعی مطابق با این مدار برابر است با:

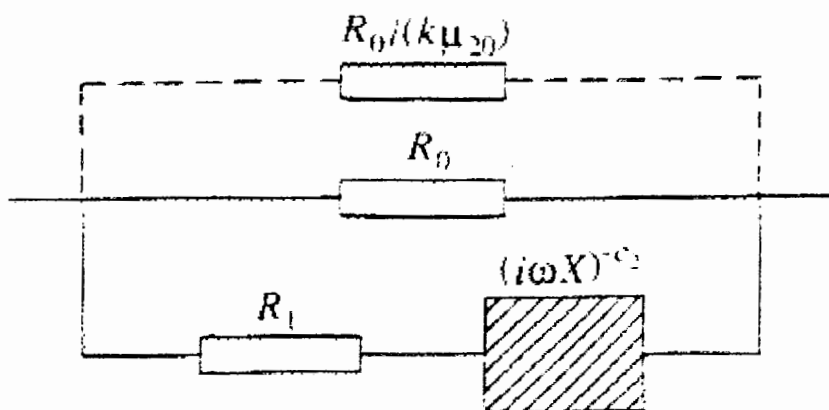
$$m_2 = \frac{R_0}{R_1 + R_0} \quad (1-3)$$

¹ Dilution factor

² Dilution factor of time constant

$$\tau_2 = XR^{1/c_2} = X(R_1 + R_0)^{1/c_2} \quad (2-3)$$

که R مقاومت کل می باشد که با رآکتانس $(i\omega X)^{-c_2}$ موازی است.



شکل (۳-۱): مدار معادل یک توده پلاریزه شونده در میزبان غیر پلاریزه شونده [۵].

هنگامی که توده پلاریزه شونده محلی در یک سنگ میزبان غیر پلاریزه شونده قرار دارد، تابع کنار گذاشته شده برای جریان بوسیله سنگ میزبان وارد عمل می شود (منظور قسمت خط چین مدار شکل ۳-۱). نظر به نسبت مقاومت ویژه های بین توده پلاریزه شونده و میزبان، $\mu_{20} = \rho_{20}/\rho_{10}$ مقاومت ویژه توده پلاریزه شونده و ρ_{10} مقاومت ویژه میزبان، مقاومت $R_0/(k\mu_{20})$ را برای اثراتی از سنگ میزبان که تا بحال در نظر گرفته نشده بود را بصورت موازی با مقاومت R_0 در نظر می گیریم. در این حالت مقاومت کل که با رآکتانس $(i\omega X)^{-c_2}$ موازی است، برابر است با:

$$R_0 = R_1 + \left[\frac{1}{R_0} + \frac{k\mu_{20}}{R_0} \right]^{-1} = R_1 + \frac{R_0}{1 + k\mu_{20}} \quad (3-3)$$

که در این صورت ثابت زمان ظاهری برابر است با:

$$\tau_a = XR_a^{1/c_2} = X \left[R_1 + \frac{R_0}{1 + k\mu_{20}} \right]^{1/c_2} \quad (4-3)$$

از معادلات (۳-۲) و (۴-۳) داریم:

$$\beta_{\tau} = \frac{\tau_a}{\tau_2} = \left[\frac{R_0 + \frac{R_0}{1 + k\mu_{20}}}{R_1 + R_0} \right]^{1/c_2} = \left[1 - \left(\frac{R_0}{R_1 + R_0} \right) \left(\frac{k\mu_{20}}{1 + k\mu_{20}} \right) \right]^{1/c_2} \quad (5-3)$$

با استفاده از معادله (۱-۳) معادله بالا بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$\beta_{\tau} = \left[1 - m_2 \left(\frac{k\mu_{20}}{1 + k\mu_{20}} \right) \right]^{1/c_2} \quad (6-3)$$

و داریم :

$$(\beta_{\tau})^{c_2} = \left[1 - m_2 \left(\frac{k\mu_{20}}{1 + k\mu_{20}} \right) \right] \quad (7-3)$$

معادله (۶-۳) و (۷-۳) ارتباط بین پارامتر ثابت زمان ظاهری و واقعی می‌باشند. برطبق فرمول تجربی معادله (۶-۳) برای یک توده پلاریزه‌شونده هادی ($\mu_{20} < 0.1$)، β_{τ} تمایل به ۱ و τ_a تقریباً با ثابت زمان واقعی توده (τ_2) برابر است. آنچنانچه مقاومت ویژه توده افزایش می‌یابد، β_{τ} بطور یکنواخت کاهش می‌یابد ($\tau_a < \tau_2$). آهنگ کاهش در β_{τ} با افزایش در m_2 یا با کاهش در c_2 افزایش می‌یابد. بعد از اینکه $10 - 100 > \mu_{20}$ شد، β_{τ} متمایل به $(1 - m_2)^{1/c_2}$ می‌شود. برای این قبیل توده‌های مقاوم τ_a ممکن است چندین برابر کوچکتر از τ_2 شود. بنابراین نمی‌توان ثابت زمان ظاهری (τ_a) حاصل از یک توده پلاریزه‌شونده مدفون را با ثابت زمان واقعی توده پلاریزه‌شونده (τ_2) از لحاظ مقدار یکی دانست. از طرفی اگر کانی‌های هادی در توده پلاریزه‌شونده پیوستگی خوبی داشته باشد ثابت زمان واقعی توده (τ_2) بزرگتر، اما مقاومت ویژه (ρ_{20}) کوچکتر می‌شود از این رو ثابت زمان ظاهری (τ_a) نیز بزرگتر می‌شود. برعکس اگر کانی‌های هادی اتصال خوبی نداشته باشند τ_2 کوچکتر و ρ_{20} بزرگتر می‌شود و از این رو τ_a کوچکتر می‌شود. بنابراین برای تشخیص توده‌های پلاریزه‌شونده برطبق ساختارهای آنها، استفاده از ثابت زمانی τ_a می‌تواند همان نقش τ_2 را بازی کند. بعلاوه τ_a ممکن است ساختار بافت کانی‌های هادی در توده پلاریزه‌شونده را خیلی دقیق‌تر از τ_2 بخاطر فاکتور مقاومت ویژه منعکس کند [۵].

۳-۱-۱-۲ فاکتور رقیق‌سازی بارپذیری (β_m)

چنانکه قبلاً شرح داده شده m_a (و بنابراین β_m) از c_2 مستقل است. هم اکنون در اینجا تغییرات β_m با μ_{20} و m_2 ارائه می‌شود.

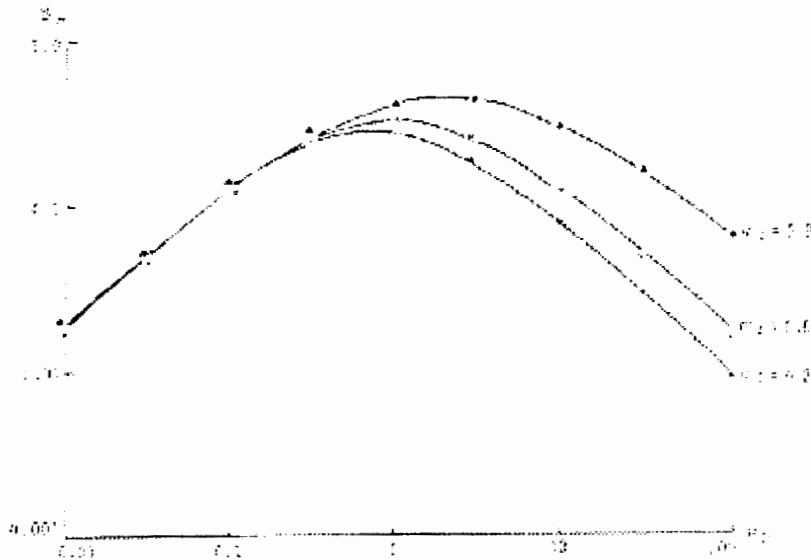
با کمک شکل (۱-۳) بارپذیری ظاهری به شکل معادله (۸-۳) در می‌آید. اثبات این فرمول در پیوست ب آورده شده است.

$$m_a = \frac{R_0}{R_1(1+k\mu_0) + R_0} \quad (۸-۳)$$

و فاکتور بارپذیری به شکل زیر در می‌آید

$$\beta_m = \frac{m_a}{m_2} = \frac{R_0 + R_1}{R_0 + R_1(1+k\mu_0)} \quad (۹-۳)$$

همانطور که مشاهده می‌شود در هر حالتی که نسبت μ_{20} تغییر کند، β_m کوچکتر از یک می‌شود و این بدین معنی است که نه تنها مقدار بارپذیری ظاهری با بارپذیری واقعی برابر نیست بلکه مقاومت ویژه میزبان باعث کاهش بارپذیری ظاهری می‌شود ولی باز هم منعکس کننده مشخصه چشمه‌های پلاریزاسیون القایی می‌باشد. شکل (۲-۳) منحنی‌های β_m برحسب μ_{20} به دست آمده بر روی کره پلاریزه‌شونده حجمی ($x=0$) در یک میزبان غیرپلاریزه‌شونده با عمق متوسط را نشان می‌دهد. پارامتر m_2 ، پارامتر متغییر در نظر گرفته می‌شود. تمام منحنی‌ها متناسبند. خطوط مجانب در سمت چپ و راست منحنی‌ها شیب 45° را دارند. خطوط مجانب در طرف چپ منحنی‌ها تقریباً یکی است در صورتیکه در طرف راست فرق می‌کند. نقاط ماکزیمم منحنی‌ها یعنی β_m^{\max} و μ_{20}^{\max} با افزایش m_2 افزایش می‌یابد [۵].



شکل (۲-۳) منحنی‌ها β_m برحسب μ_{20} روی یک کره پلاریزه‌شونده با عمق دفن متوسط. پارامتر m_2 ، پارامتر متغییر در نظر گرفته شده است [۵].

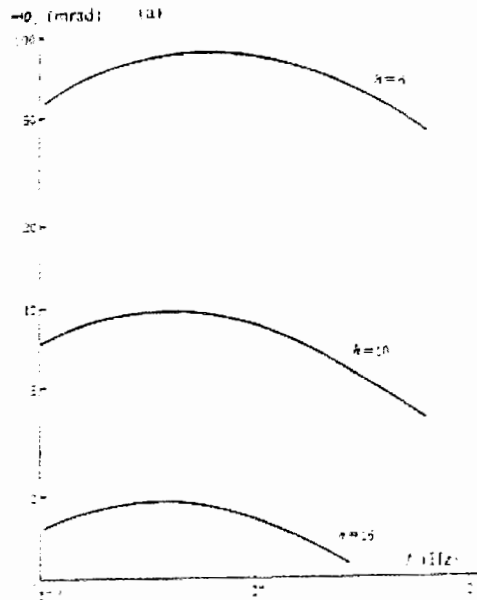
۲-۳ اثرات عمق دفن کانی

برای بررسی اثرات عمق دفن کانی، از مطالعات صورت گرفته در حوزه فرکانس بهره گرفته‌ایم. در حوزه فرکانس ابتدا طیف فاز ظاهری در فرکانسهای مختلف محاسبه می‌شود. طیف فاز ظاهری عبارت است از زاویه بین مولفه موهومی مقاومت ویژه ظاهری به مولفه حقیقی آن و به صورت زیر بیان می‌شود.

$$\varphi_a = \arctg \frac{\text{Im } \rho_a}{\text{Re } \rho_a} \quad (۱۰-۳)$$

وسپس با برگردانی طیف، پارامترهای کل-کل محاسبه می‌شود.

شکل (۳-۳) طیف فاز ظاهری روی یک کره پلاریزه‌شونده در عمقهای مختلف را نشان می‌دهد. در محاسباتمان h/\bar{a} (h عمق دفن از مرکز کره و \bar{a} پهناى دوقطبی) و n (فاکتور فواصل الکترودی) بدون تغییر است. از این‌رو، این بدین معنی است که آنومالی به دست آمده از کره مدفون در عمقهای مختلف، بدون توجه به نوع آرایه‌ها است. از شکل (۳-۳) می‌بینیم که چنانکه عمق کره مدفون افزایش یابد بشرطی که محیط میزبان غیرپلاریزه‌شونده باشد، دامنه آنومالی (فاز ظاهری) سریعاً کاهش می‌یابد. هرچند، شکل منحنی طیف فاز ظاهری اساساً بدون تغییر است، ولی (حدود) فرکانسی فاز کمی کاهش می‌یابد.



شکل ۳-۳ طیف فاز ظاهری روی یک کره پلاریزه‌شونده در عمقهای مختلف (نتایج محاسبه شده تا تقریب چهارم می‌باشد). (a) $m_1 = 0$ ، پارامترها عبارتند از: $n = 4, h/a = 4, \tau_2 = 10s$. [۵]
 جدول (۱-۳) پارامترهای طیف ظاهری حاصل از برگردانی طیف بر اساس مدل کل-کل را نشان می‌دهد. منحنی‌های β_m و β_τ برحسب h/a در شکل (۳-۴) نشان داده شده است.

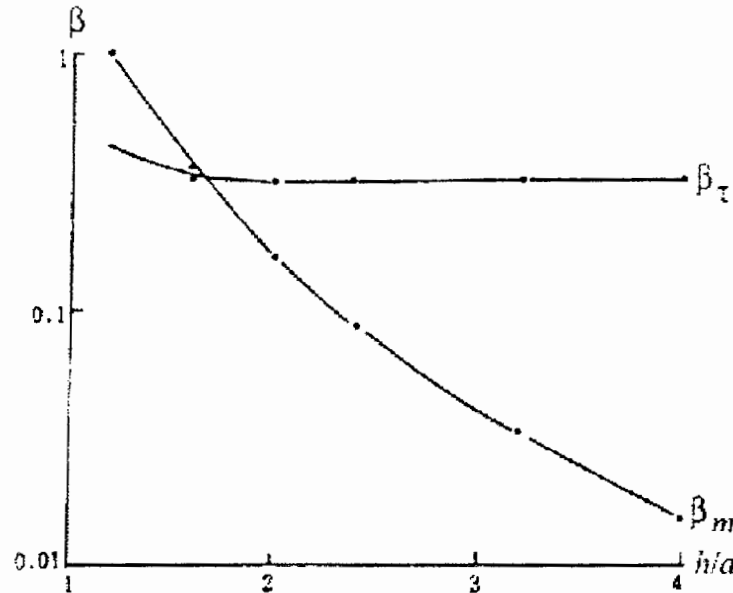
جدول (۱-۳): تغییرات در پارامترهای طیف ظاهری روی یک کره پلاریزه‌شونده در عمقهای مختلف [۵].

h/a	m_a	$\beta_m = \frac{m_a}{m_2}$	τ_a (s)	$\beta_\tau = \frac{\tau_a}{\tau_2}$	c_a	$\beta_c = \frac{c_a}{c_2}$
۱/۲	۰/۵۹۲	۰/۹۸۷	۴/۲۶	۰/۴۲۶	۰/۲۵۱	۱/۰۰
۱/۶	۰/۲۱۱	۰/۳۵۲	۳/۱۸	۰/۳۱۸	۰/۲۵۱	۱/۰۰
۲/۰	۰/۰۹۴	۰/۱۵۷	۳/۰۷	۰/۳۰۷	۰/۲۵۱	۱/۰۰
۲/۴	۰/۰۵۰	۰/۰۸۳	۳/۰۷	۰/۳۰۷	۰/۲۵۱	۱/۰۰
۳/۲	۰/۰۱۹	۰/۰۳۲	۳/۰۸	۰/۳۰۸	۰/۲۴۹	۱/۰۰
۴/۰	۰/۰۰۹	۰/۰۱۵	۳/۱۴	۰/۳۱۴	۰/۲۵۲	۱/۰۰

در آرایه دوقطبی-دوقطبی: $\bar{a} = h/4, n = 4$ ، روی مرکز کره،

پارامترهای حقیقی کره: $\rho_{20} = 10\Omega m, c_2 = 0.25, \tau_2 = 10s, m_2 = 0.6$

میزبان غیرپلاریزه‌شونده: $(\mu_{20} = 1), \rho_{10} = 10\Omega m, m_1 = 0$

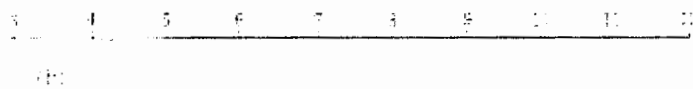
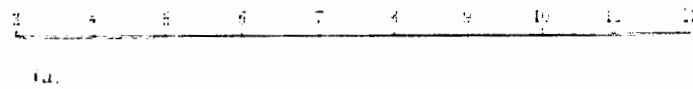


شکل (۳-۴): منحنی‌های β_m و β_τ برحسب h/a روی کره پلاریزه‌شونده. دیگر پارامترها همانهایی هستند که در شکل (۳-۳) بیان شد به جزء اینکه میزبان غیرپلاریزه‌شونده است [۵].

متوجه می‌شویم که همزمان با افزایش h/a از $1/2$ به $4/0$ ، بارپذیری ظاهری (m_a) از 0.592 (نزدیک بارپذیری حقیقی یعنی 0.6) به 0.009 کاهش می‌یابد (یعنی اینکه m_a ، 66 برابر کاهش یافته) در صورتیکه τ_a فقط 26% کاهش می‌یابد (از $4/26$ به $3/14$ s). و c_a اساساً تغییر نکرده و نزدیک مقدار $c = 0.25$ است. بنابراین واضح است که آهنگ کاهش شدت پارامترهای IP (فاز ظاهری φ_a و بارپذیری ظاهری m_a) در اثر افزایش عمق دفن، خیلی بیشتر از پارامتر زمان (ثابت زمان ظاهری τ_a) است. از این گذشته، انحراف (تغییرات) در ثابت زمان حقیقی یا واقعی (τ) در سنگها و کانی‌ها خیلی بزرگتر از بارپذیری حقیقی یا واقعی (m) است. بنابراین می‌توانیم انتظار داشته باشیم توده‌های پلاریزه‌شونده در اعماق زیاد که φ_a و m_a قابل ملاحظه‌ای ندارند را می‌توان بوسیله بی‌هنجاری (آنومالی) τ_a آشکارسازی کرد.

برای شرح این احتمال، در شکل (۳-۵) یک شبه مقطع از m_a و τ_a برای یک کره پلاریزه‌شونده مدفون در عمق زیاد ($h/a = 4$) را نشان داده‌ایم. ماکزیمم مقدار m_a فقط $1/1\%$ ($\beta_m \approx 0.018$) که در عمل قابل آشکارسازی نیست. در صورتی که ماکزیمم مقدار τ_a به مقدار $6/1$ s می‌رسد که یک مشخصه بارز از آنومالی را می‌دهد. این نتایج تئوری با اندازه‌گیری صحرائی به اثبات

رسیده است (ویو و لیوئو در سال ۱۹۸۹). از این رو ثابت زمان ظاهری τ_a ، یک تابع آشکارساز است به این ترتیب که با استفاده از این پارامتر می توان ذخایر مدفون در اعماق زیاد را آشکارسازی کرد.

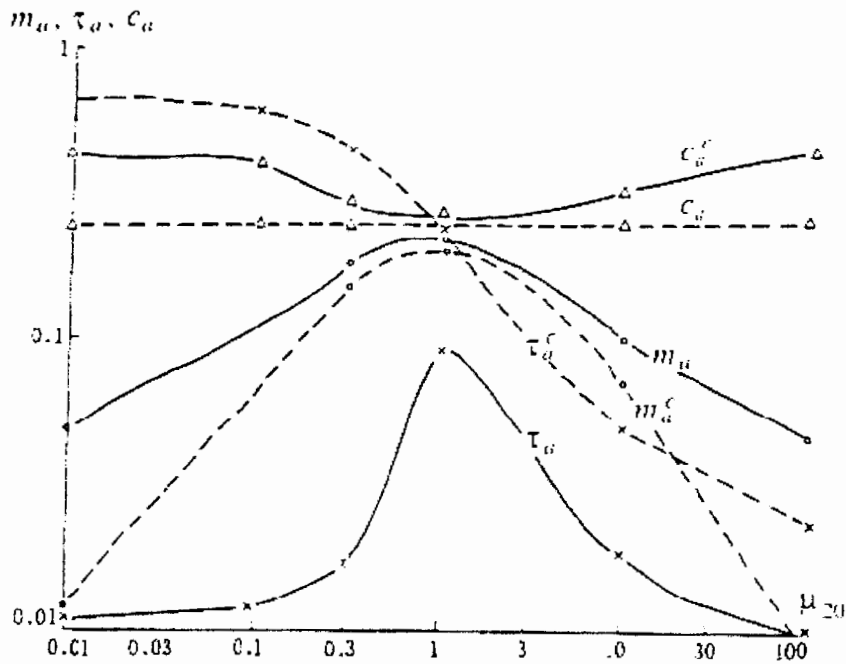


شکل (۳-۵-ا) شبه مقطع m_a و شکل b شبه مقطع τ_a برای یک کره پلاریزه شونده در عمق زیاد را نشان می دهد. پارامترها همانهایی هستند که در شکل ۳-۴ بیان شد به استثناء اینکه $h/a = 4.0$ و $m_2 = 0$ ، خط چین مقطع کره را نشان می دهد [۵].

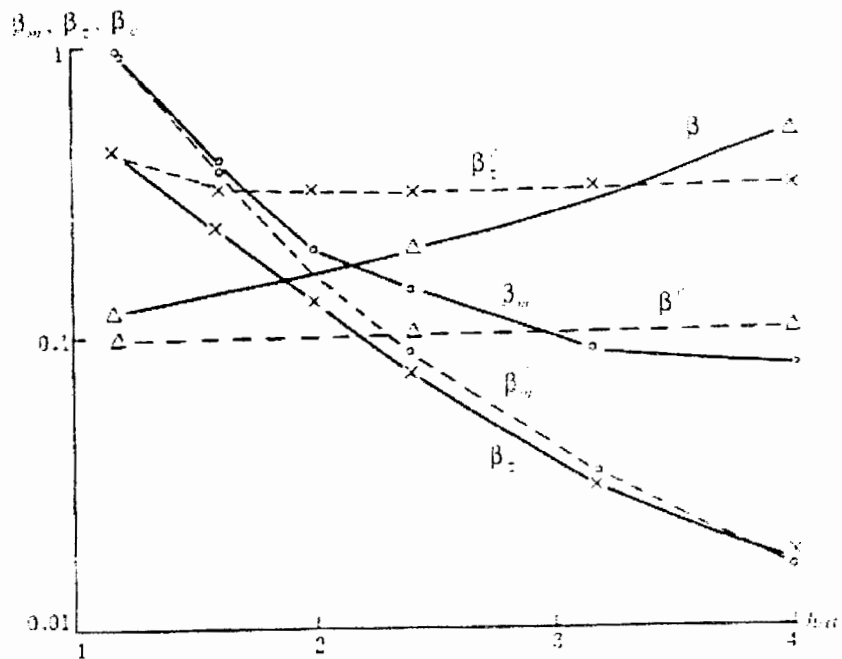
۳-۳ اثرات میزبان پلاریزه شونده

توضیحات قبل برای حالتی بود که محیط غیر پلاریزه شونده باشد ($m_1 = 0$). طیف پلاریزاسیون القایی یک توده پلاریزه شونده محلی در صورتی که محیط میزبان پلاریزه شونده باشد پیچیده می شود. شکل های (۳-۶) و (۳-۷) منحنی هایی از τ_a ، m_a و c_a و فاکتور رقیق سازیشان β_τ ، β_m و β_c با مقادیر مختلف μ_{20} و h/a برای یک توده پلاریزه شونده را نشان می دهد. همانطور که دیده می شود

منحنی‌های شکل (۶-۳) و (۷-۳) اختلاف زیادی با منحنی‌های (۸-۳) و (۹-۳) حاصل از میزبان غیرپلاریزه دارند.

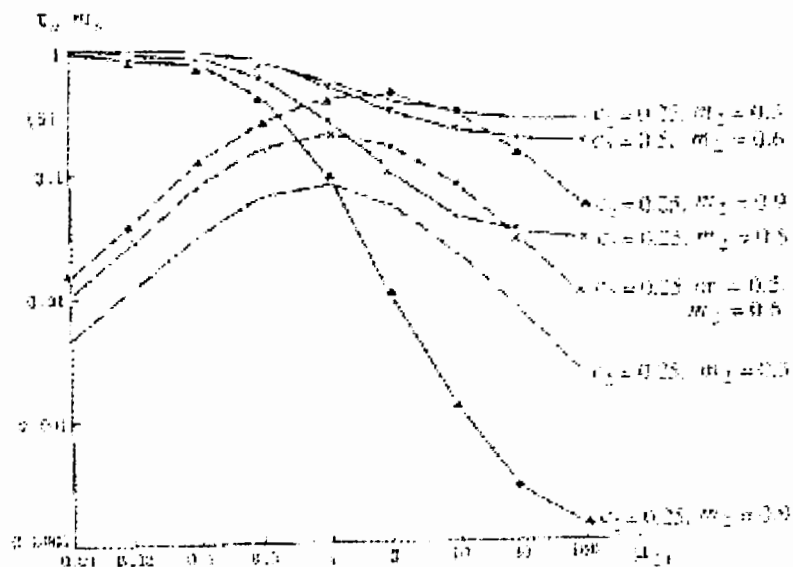


شکل (۶-۳): تغییرات در m_a, τ_a و c_a با μ_{20} (خطوط توپر) برای یک میزبان پلاریزه‌شونده و تغییراتش بعد از تصحیح اثر پلاریزه‌شوندگی زمینیه (خطوط خط‌چین). پارامترها: $c_1 = 0.5, \tau_1 = 0.01s, m_1 = 0.004, m_2 = 0.6$.

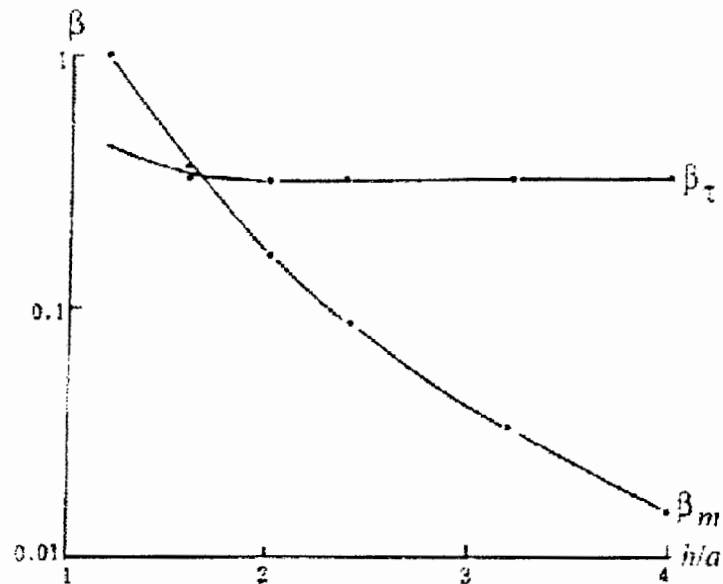


شکل (۷-۳): تغییرات در $\beta_c, \beta_m, \beta_\tau$ با h/a (خطوط توپر) برای یک میزبان پلاریزه‌شونده و تغییراتش بعد از

تصحیح اثر پلاریزه‌شوندگی زمینه (خطوط خط‌چین). پارامترها: $c_1 = 0.5, \tau_1 = 0.01s, m_1 = 0.04$. [۵]



شکل (۸-۳): منحنی‌های بارپذیری ظاهری (خط‌چین) و منحنی‌های ثابت زمان ظاهری (خط توپر) را درست روی یک کره پلاریزه‌شونده ($x = 0$) بر حسب μ_{20} را نشان می‌دهد. محیط میزبان غیر پلاریزه‌شونده است. پارامترهای طبیعی کره به عنوان متغیر در نظر گرفته شده است [۵].



شکل (۹-۳): منحنی‌های β_m و β_τ بر حسب h/a روی کره پلاریزه‌شونده و میزبان غیر پلاریزه‌شونده است [۵].

در بررسی‌های انجام گرفته مشخص شده است که اثرات میزبان پلاریزه‌شونده باعث تضعیف زیاد پارامترهای ظاهری m_a و τ_a می‌شود و تشخیص بافت توده پلاریزه‌شونده و همچنین جستجوی آن در

اعماق زیاد را که بوسیله آنومالی τ_a امکان پذیر بود را غیر ممکن می‌سازد مگر اینکه بتوانیم اثرات زمینه را حذف کنیم. شاید روشهای تصحیح پیشنهاد شده بتواند یک روش مؤثر برای این مشکل باشد [۵]. یک روش تصحیح در پیوست ج آورده شده است. بحث در مورد پلاریزه شوندگی میزبان منطقه مطالعه شده در فصل بعد آورده شده است.

فصل چهارم: مطالعات پلاریزاسیون القایی طیفی در محدوده مورد مطالعه

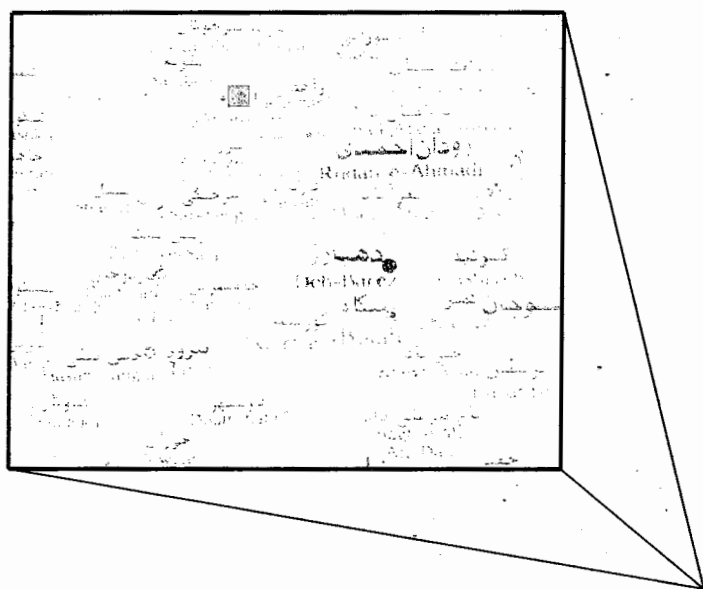
در این فصل ابتدا خاصیت پلاریزه‌شوندگی محیط میزبان مورد بررسی قرار گرفته تا اگر لازم باشد پارامترهای طیفی تصحیح شوند برای این منظور از نقشه زمین‌شناسی و مطالعات صورت گرفته بر روی نمونه‌های حفاری کمک گرفته‌ایم. در ادامه به منظور تعیین منطقه آنومالی از آرایه مستطیلی استفاده شده است. چرا که آرایه مستطیلی به جهت ساختاری که در نحوه الکترودی دارد همانند برداشتهای هوایی باعث مشخص شدن منطقه آنومالی از محیط اطراف می‌شود.


به منظور تعیین مقاطع عمودی در بین آرایه‌های معمولی که در برداشتهای دوبعدی از آنها استفاده می‌شود از قبیل آرایه‌های قطبی-دوقطبی، دوقطبی-دوقطبی، ونر و ونر-شلومبرگر، در این منطقه از آرایه دوقطبی-دوقطبی استفاده شده است چونکه تأثیر نویز جفت‌شدگی الکترومغناطیس به سبب فواصل کوتاه بین دو الکتروود پتانسیل در این آرایه نسبت به آرایه‌های دیگر کمتر است [۲۰].

برداشتهای مقاومت‌ویژه و پلاریزاسیون القایی در منطقه مورد مطالعه جمعاً در ۱۲۸۱ ایستگاه انجام گردید. این برداشتها با استفاده از ۸ آرایش مستطیلی با خطوط جریان ۶۰۰ و ۳۰۰ متر و ۴ آرایش دوقطبی-دوقطبی با مشخصات $AB = NM = 10,20m$ بر روی پروفیلها صورت پذیرفت. لازم به ذکر است که کار شبکه‌بندی و برداشت علیرغم شرایط شدید توپوگرافی توسط گروه ژئوفیزیک سازمان زمین‌شناسی در منطقه مورد مطالعه انجام پذیرفت

۱-۴ موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی

محدوده مورد مطالعه در ۱۵۰ کیلومتری شمال شرق بندرعباس و در ۵۵ کیلومتری شمال غربی شهر زیارت علی و ۲/۵ کیلومتری شمال شرق روستای احمدآباد واقع شده است (شکل ۴-۱). مرکز اصلی محدوده دارای مختصات $28^{\circ}8'20''N$ و $56^{\circ}8'06''E$ می باشد که در منطقه‌ای کوهستانی در امتداد زاگرس و ما بین دو زون ساختاری زاگرس مرتفع و زون سیرجان واقع شده ، راههای دسترسی به ناحیه مورد مطالعه از مسیر جاده آسفالته بندرعباس- زیارت علی- فازگرد به روستای احمد آباد است. از نظر آب و هوایی با توجه به کوهستانی بودن منطقه نسبت به روستای همجوار خنک تر بوده ولی در کل آب و هوای آن گرم می باشد. رودخانه‌های فصلی زیادی عمدتاً با روند شرقی- غربی در محدوده وجود دارد .



شکل ۴-۱: موقعیت جغرافیایی منطقه معدنی احمدآباد.  منطقه معدنی احمدآباد.

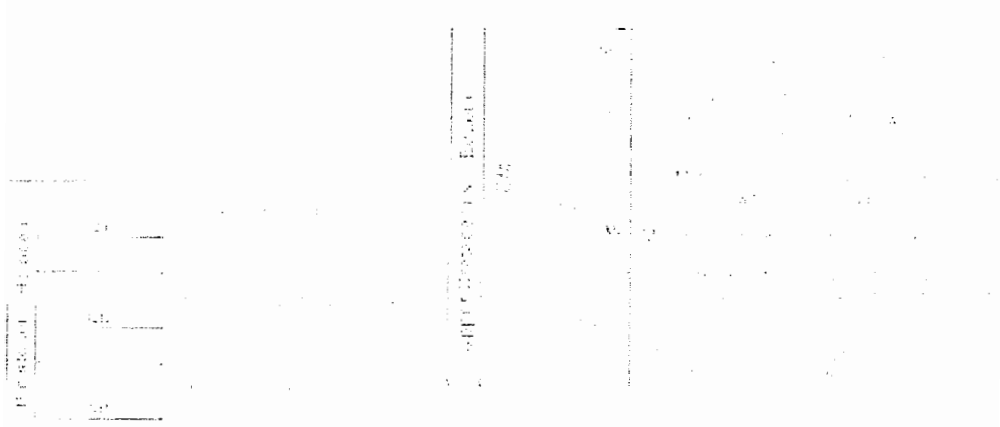
۴-۲ زمین‌شناسی منطقه

محدوده مورد مطالعه در ورقه ۱/۲۵۰۰۰ حاجی‌آباد در منطقه افیولیتی زاگرس و در منتهی‌الیه جنوب شرقی این منطقه واقع شده است. این منطقه بصورت یک نوار باریک از شمال غرب کرمانشاه تا جنوب شرق حاجی‌آباد در امتداد زاگرس و بین دو منطقه ساختاری زاگرس مرتفع و منطقه سنندج-سیرجان بصورت منقطع قرار گرفته است. افیولیت‌های مذکور به صورت گوه‌ها با برشهایی محدود به گسلهایی قاشقی شکل در بین دو واحد مربوط به منطقه دیگر به هنگام بسته شدن حوضه احتمالی قرار گرفته‌اند. محدوده مورد مطالعه در سطحی به ابعاد تقریبی 1500×1500 متر بوده که در آن آثار فعالیت‌های معدنکاری قدیمی به وفور دیده می‌شود. واحدهای زمین‌شناسی در گسترده معدنی احمدآباد عمدتاً شامل بازالت‌های بالشی تیره رنگ و چرت‌های نواری رادیولاریتی می‌باشد. واحدهای مذکور از یک روند عمومی شرقی-غربی تبعیت می‌نمایند. که شیب آنها حدود $50-70$ درجه به سمت شمال می‌باشد. رادیولاریتها گسترش زیادی داشته و چین‌خوردگی‌های بسیار شدیدی نشان می‌دهند. تکرار واحدهای رادیولاریتی در بین بازالت‌ها بسیار زیاد می‌باشد. کنتاکت عادی و روند لایه‌ای غالباً با کمی دقت در تمامی واحدها مشهود است ولی در اکثر نقاط ساختمان‌هایی نظیر چین‌های بین لایه‌ای، تغییرات جانبی بین رخساره‌ها با یگدیگر و تغییر ضخامت بسیار زیاد لایه‌ها در یک طول کوتاه ممکن است موجب ابهام در تناوب و یا تکرار لایه‌ها گردند که با دنبال نمودن لایه‌ها بطور جانبی و شناسایی تغییرات رخساره‌ها در منطقه می‌توان پی به ادامه لایه‌ها برد. در برخی نقاط نیز گسل خوردگی موجب جابجایی، بهم خوردگی و تغییر در امتداد و شیب لایه‌ها گشته است. گسل‌های اصلی منطقه در دو امتداد شمال غرب- جنوب شرق و شمال شرق- جنوب غرب می‌باشند. در برخی نقاط در حاشیه قطعات بالشی واحد بازالتی، آثاری از اکسید آهن و مالاکیت به چشم می‌خورد. هسته برخی از قطعات بالشی نیز حاوی مالاکیت و اکسید آهن می‌باشد. کانی‌سازی و آثار آهن عمدتاً در کنتاکت رادیولاریت‌ها با بازالت‌ها به شکل عدسیه‌هایی به رنگ زرد قهوه‌ای و سفید (که به علت داشتن سولفید و اکسید شدن آنها به این رنگ دیده می‌شوند) به چشم می‌خورند. ضخامت این عدسی‌ها یکسان نبوده و بین ۳۰ سانتی‌متر تا ۵ متر تغییر می‌کند. در محل اصلی معدنکاری ضخامت زیادی از زون دگرسان شده و اکسید شده دیده می‌شود که عمدتاً شامل لیمونیت، کانیهای رسی و سیلیسی می‌باشند. ذکر

این نکته ضروری است که روند زونهای اکسید شده عمدتاً از لایه‌بندی رادیولاریتها تبعیت می‌نماید. حجم آثار کارهای قدیمی و سرباره در احمدآباد بسیار زیاد بوده و آثار آن بصورت یک چاه به عمق ۱۰ متر، یک ترانشه به عرض ۸ متر و چندین چاهک و کنده‌کاری دیگر می‌باشد [۴].

در اکثر موارد با مقایسه نقشه‌های مقاومت‌ویژه ظاهری و بارپذیری مشخص می‌شود مناطقی که IP آنها قوی است دارای مقاومت‌ویژه ظاهری زیادی می‌باشند و بررسی سر زمین معلوم شد که وجود ماده معدنی با سیلیسی شدن سنگهای درونگیر همراه است.

قبل از بررسی شبه مقاطع باید به پرسشی که در فصل سوم مطرح شد پاسخ داد و آن اینکه در مورد تصحیح پارامترهای کل-کل، آیا محیط میزبان پلاریزه شونده است یا نه؟ طبق مطالعات زمین‌شناسی، سنگ میزبان از نوع رادیولاریتی می‌باشند که با توجه به مطالعات سطحی و مطالعه نمونه‌های بدست آمده هیچ آثاری از وجود رس که باعث خاصیت پلاریزه شوندگی محیط میزبان است، مشاهده نمی‌شود که این موضوع دلیلی بر غیر پلاریزه شوندگی محیط میزبان است. طبق مطالعات صورت گرفته کانی‌سازی ماده معدنی از نوع ماسیوسولفید است پاراژنز کانه در زون کانه‌دار عمدتاً پیریت و کالکوپیریت می‌باشد. این کانه‌ها بصورت دانه پراکنده، رگچه‌ای و بسیار متراکم و توده‌ای در مغزه‌هایی که از حفاری بدست آمده قابل مشاهده است [۴]. یک نمونه لاگ حفاری از منطقه به همراه مطالعات میکروسکوپی و مقطع نازک از نقاط نمونه‌گیری شده در پیوست د آورده شده است.



شکل ۴-۲-الف : نقشه زمین شناسی بزرگ مقیاس ۱/۵۰۰۰ منطقه معدنی احمدآباد.



آهک‌های نازک لایه‌ای تا توده‌ای دارای فسیل گلوبوترونکانا همراه با مقدار کمی سیلت استون آهگی



بازالت سبز تا سبز تیره همرا با بازالت‌های آندزیتی و گدازه‌های بالشی ، چرت‌های رادیولاریتی قرمز به



صورت موازی و لنزهای کوچک

چرت سیلت استون ، رادیولاریت‌های رنگی مارگون ، شیل همراه با مقدار کمی بازالت بالشی



ماسه سنگ سبز تا خاکستری (آرکوزلیتیک) سیلت استون.



شکل ۴-۲-ب: محدوده منطقه مورد بررسی. خطوط آبی نمایانگر پروفیلها می‌باشند.

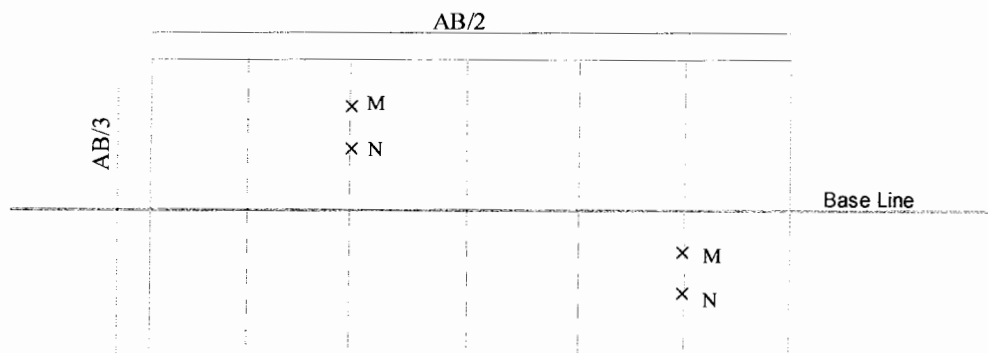
۳-۴ آرایه مستطیلی

برای مشخص کردن محدوده آنومالی و تعیین نقاط امیدبخش در یک منطقه، ابتدا می‌توان برداشتهای ژئوالکتریک را با استفاده از آرایه مستطیلی انجام داد.

در آرایش مستطیلی الکترودهای جریان A و B در طول عملیات برداشت ثابت می‌ماند و الکترودهای پتانسیل M و N بر روی پروفیلهایی موازی با AB جابه‌جا می‌شوند (شکل ۳-۴). عمق تجسس با طول $AB=L$ در ارتباط است (عمق تجسس به طور تقریبی در حدود $AB/4$ در نظر گرفته می‌شود هر چند که عمق مزبور بسته به شرایط در عمل ممکن است بسیار کمتر یا بیشتر باشد) [۶و۷]. این نوع آرایش معمولاً عمود بر روند بی‌هنجاری یا بیرون‌زدگی ماده معدنی با به عبارت دیگر عمود بر خط مبنا (Base Line) در نظر گرفته می‌شود. سپس با توجه به عمق مورد مطالعه و یکنواختی سازند زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه، فاصله الکترودهای فرستنده AB و همچنین با در نظر گرفتن موقعیت و ابعاد توده معدنی و پراکندگی آن فاصله الکترودهای گیرنده MN را باید تعیین نمود. مقدار IP و مقاومت ویژه ظاهری اندازه‌گیری شده به نقطه وسط MN نسبت داده می‌شود. شکل (۳-۴) وضعیت الکترودهای گیرنده و فرستنده و پروفیل‌ها را نشان می‌دهد.

بزرگترین امتیاز این آرایه این است که AB ثابت بوده و فقط الکترودهای MN متحرک می‌باشد و این موضوع باعث افزایش سرعت عملیات می‌شود و همچنین در طول عملیات شدت جریان ثابت می‌باشد.

× A



× B

شکل ۳-۴: نحوه قرارگیری الکترودهای جریان و پتانسیل در آرایه مستطیلی [۶ و ۷]

۴-۴ تجهیزات مورد استفاده در برداشتهای صحرائی

دستگاههای مورد استفاده جهت برداشتهای صحرائی در منطقه مورد مطالعه عبارتند از:

- موتور ژنراتور بنزینی، جهت تولید برق ۲۲۰ ولت با فرکانس ۸۰۰ هرتز.
- دستگاه فرستنده جریان مدل TSQ-3 ساخت شرکت Scintrex کانادا، این دستگاه قادر است برق ۲۲۰ ولت حاصل از موتور را در دو حالت فرکانسی و زمانی (بسته به دستگاه گیرنده) تا حداکثر ۱۵۰۰ ولت افزایش دهد. در این برداشت از این دستگاه در حالت حوزه زمان استفاده می‌گردد.
- دستگاه گیرنده مدل IPR-12 ساخت شرکت Scintrex کانادا با دقت ۰/۰۱ میلی‌ولت بر ولت. این دستگاه قادر است مساحت زیر منحنی واپاشی ولتاژ را در زمانهای T_1 تا T_2 را در ۱۴ پنجره مختلف اندازه‌گیری نماید و در نتیجه امکان پردازش طیف را میسر می‌سازد.

۴-۵ نحوه برداشت صحرائی

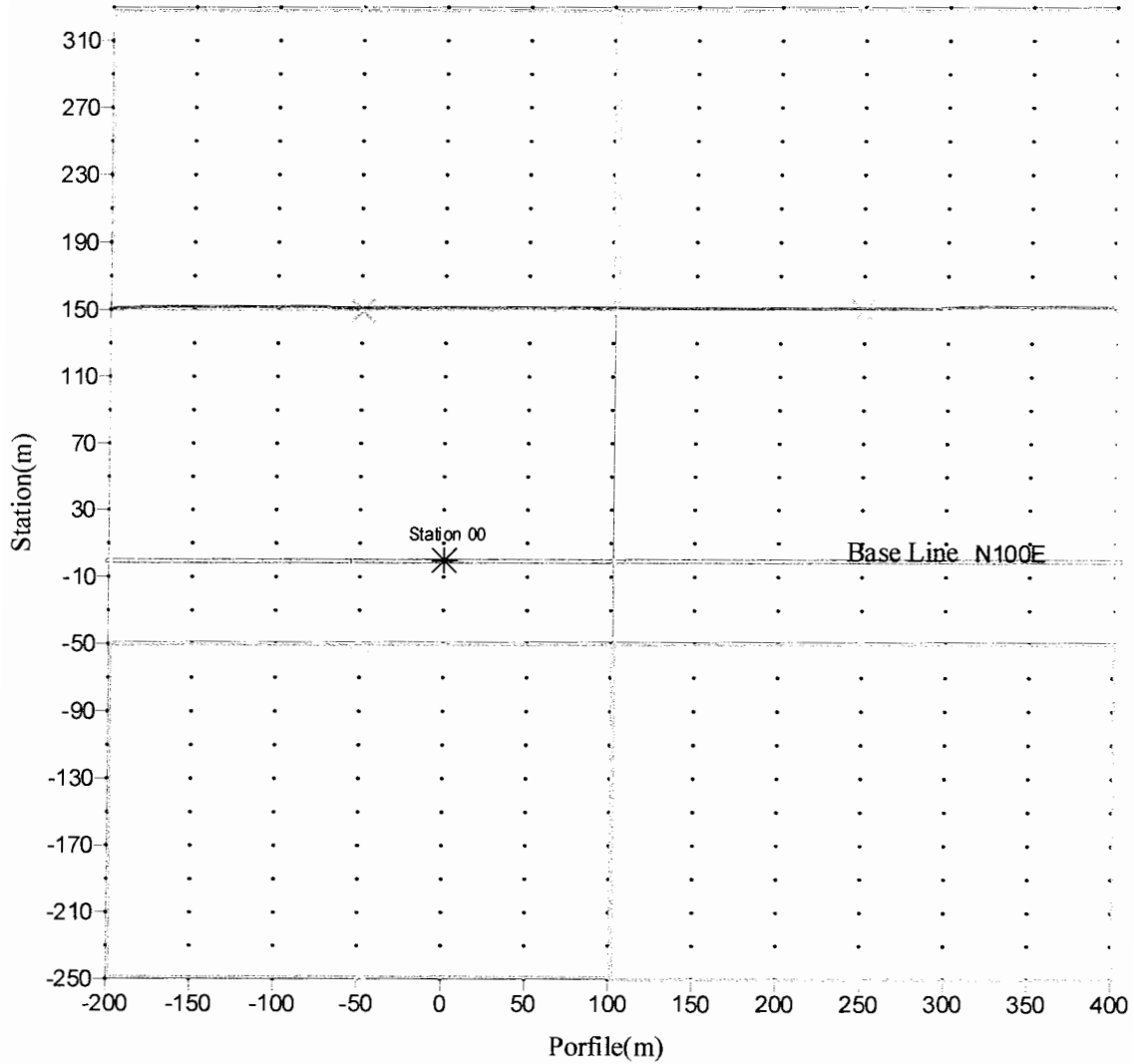
با توجه به شرایط توپوگرافی و زمین‌شناسی منطقه ایستگاه 00 (شکل ۴-۴) را نزدیک گسل غربی و در ۴۰ متری شمال آبراهه جایی که ضخامت زیادی از مواد دگرسان شده و اکسید شده دیده می‌شد و دسترسی به آن آسان بود، در نظر گرفته شد. سپس با توجه به روند عمومی کانسار که شرقی-غربی و شیب آن ۵۰-۷۰ درجه به سمت شمال بود خط مبنا با امتداد N100E به طول تقریبی ۶۰۰ متر مشخص گردید. بر روی خط مبنا مرکز هر پروفیل را به فاصله ۵۰ متر از یکدیگر مشخص شده و شماره هر پروفیل بر مبنای فاصله آن پروفیل تا ایستگاه مرکزی 00 نامگذاری شد. تعداد ۴ پروفیل در قسمت غربی ایستگاه مرکزی با علامت منفی و تعداد ۸ پروفیل در قسمت شرقی با علامت مثبت مشخص گردید. بر روی هر پروفیل نقاط ایستگاهی که در طرف شمال قرار گرفتند مثبت و ایستگاههایی که در طرف جنوب قرار داشتند با علامت منفی مشخص شدند. بنابراین شبکه‌ای از ایستگاهها با فواصل ۲۰×۵۰ متر بدست آمد. (البته در قسمتی از محدوده مورد مطالعه شبکه‌ای با ابعاد ۲۵×۱۰ در نظر گرفته شد).

برداشتهای ژئوالکتریک به منظور مشخص کردن تغییرات جانبی و گسترش سطحی بی‌هنجاریها با ۶ آرایش مستطیلی با خط جریان ۶۰۰ متر انجام و بر اساس نتایج به دست آمده در

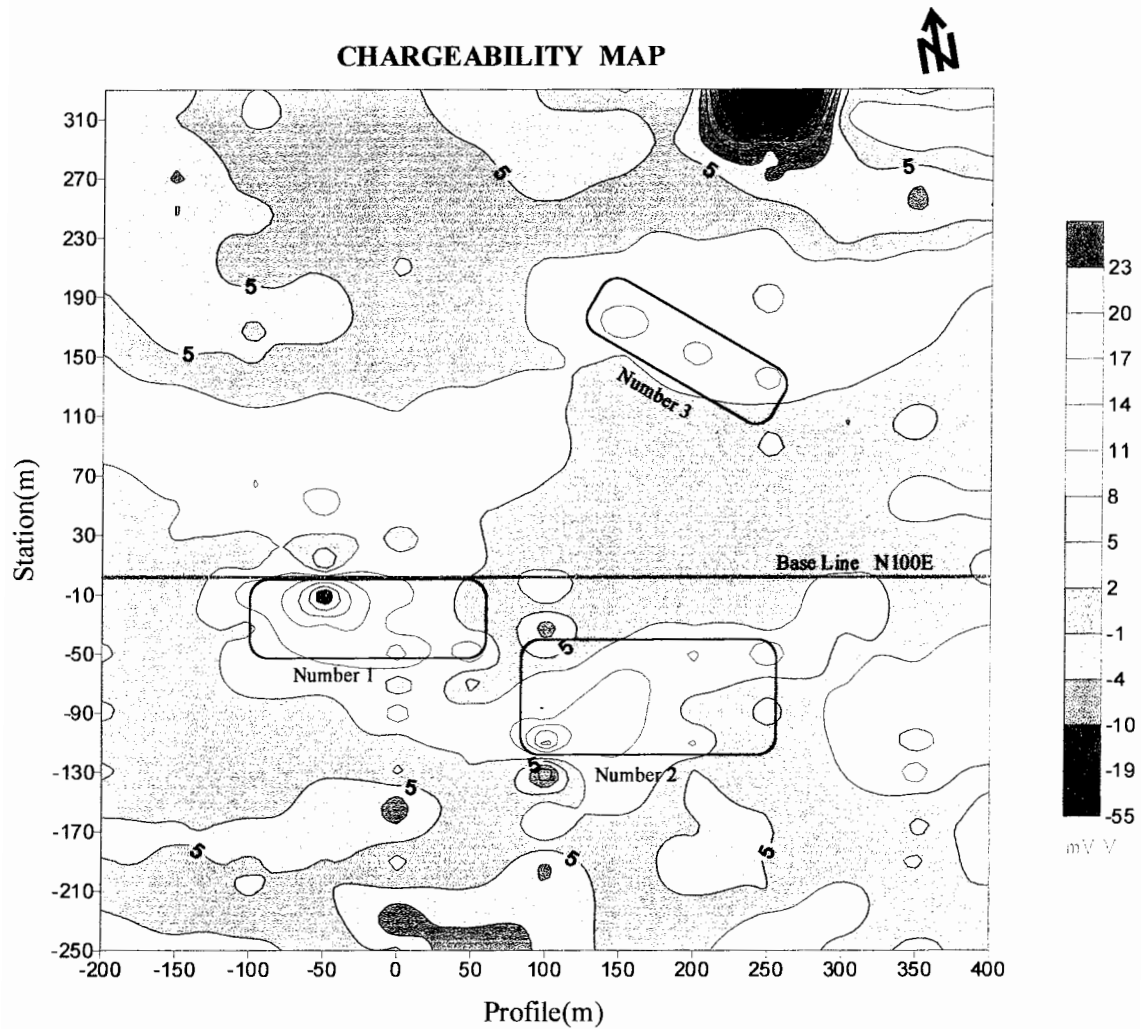
بخش دارای آنومالی، روند اندازه‌گیری با ۲ آرایش مستطیلی با خط جریان ۳۰۰ متر دنبال شد. سپس با مشخص شدن مناطق بی‌هنجاری، مطالعات در عمق، با اجرای ۴ پروفیل دوقطبی-دوقطبی با مشخصه $AB = MN = 20,10m$ ادامه یافت.

شکل (۴-۴) نمایی از موقعیت الکترودهای A و B و الکترودهای M و N در منطقه را نشان می‌دهد. فاصله الکترودهای A و B مساوی ۶۰۰ متر، و فاصله الکترودهای M و N مساوی ۲۰ متر است. شکل (۴-۵) و (۴-۶) به ترتیب نقشه‌های هم مقادیر بارپذیری و مقاومت‌ویژه حاصل از آرایه مستطیلی مذکور در منطقه را نشان می‌دهند. ضربدرها، محل قرارگیری الکترودها و نقاط سیاه رنگ مرکز MN است.

POST MAP

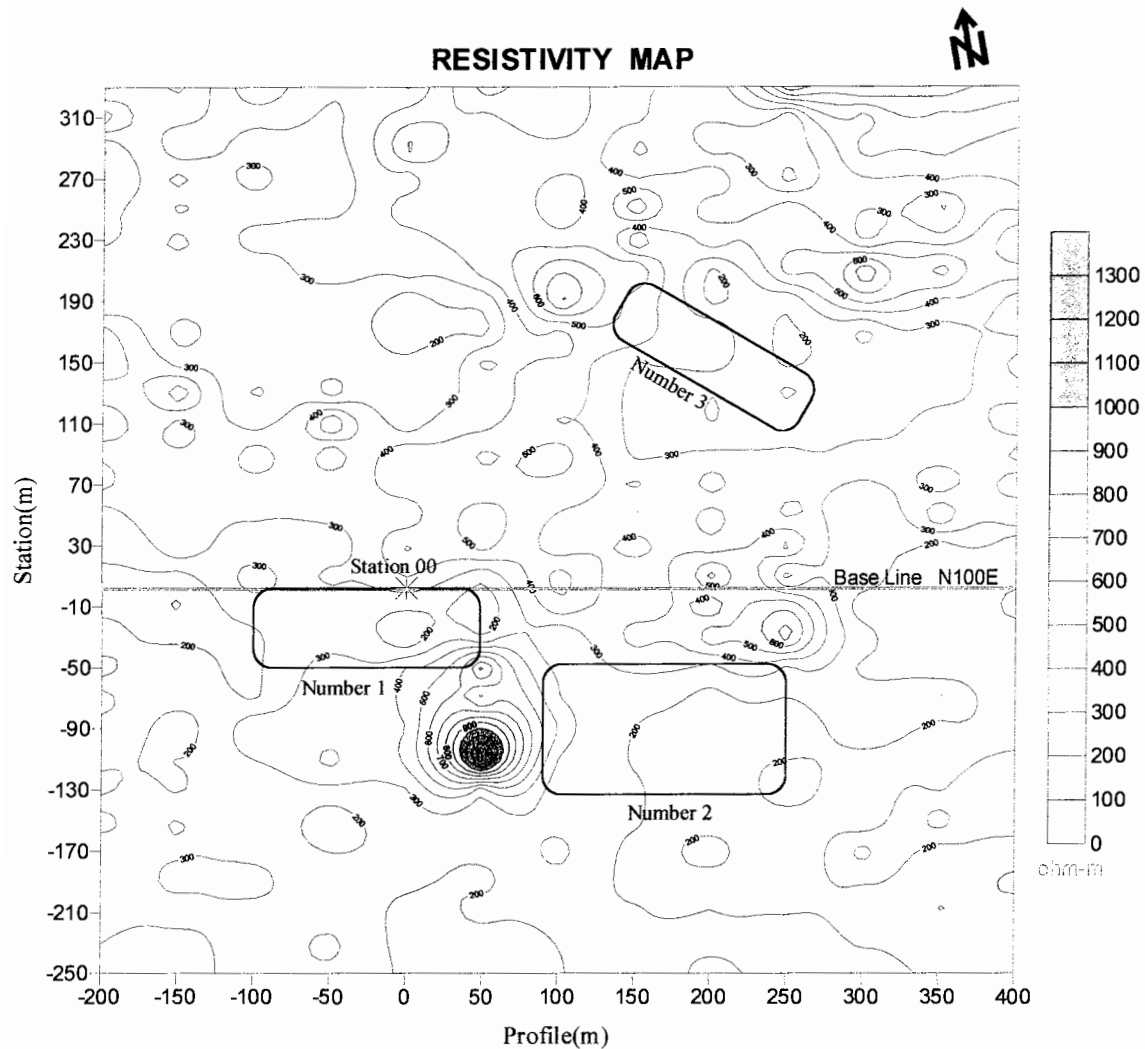


شکل (۴-۴): نحوه قرارگیری الکترودهای جریان و پتانسیل برای ۶ آرایه مستطیلی. ضربدرها محل قرارگیری الکترودهای جریان هستند. $AB = 600m, MN = 20m$. خط مبنا در جهت روند بی‌هنجاری یا برون‌زدگی ماده معدنی در نظر گرفته شده است.



شکل (۴-۵): نقشه بارپذیری حاصل از آرایه مستطیلی. $AB = 600m, MN = 20m$. مستطیل‌های شماره ۱ و ۲ و ۳ مناطق با بارپذیری بالا را نشان می‌دهند.

همانطور که قبلاً ذکر شد در منطقه احمدآباد برداشتهای مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی ابتدا با آرایه مستطیلی با خط جریان ۶۰۰ متر در محدوده‌ای از امتداد پروفیل ۲۰۰W تا ۴۰۰E به طول ۶۰۰ متر و به عرض تقریبی ۶۰۰ متر از امتداد ۲۵۰S تا ۳۳۰N انجام پذیرفت. که بیشترین مقدار بارپذیری اندازه‌گیری شده 28 mV/V و کمترین آن منفی ۵۰ می‌باشد. با توجه به نقشه بارپذیری و مقاومت ویژه ظاهری ۳ محدوده بی‌هنجاری عمده قابل مشاهده است. محدوده بی‌هنجاری شماره یک از پروفیل ۱۰۰W و در محدوده ایستگاههای ۰ و ۵۰S شروع شده و تا همین ایستگاهها از پروفیل ۵۰E ادامه دارد که شدت آنومالی با توجه به مقادیر بارپذیری در مرکز آن بیشتر است.



شکل (۴-۶): نقشه مقاومت ویژه ظاهری حاصل از ۶ آرایه مستطیلی. $AB = 600m, MN = 20m$.

مقاومت ویژه ظاهری در این محدوده و در بخشی از آن یعنی در امتداد خط مبنا پایین بوده و در انتهای پروفیلها یعنی از ایستگاه S ۵۰ به طرف جنوب مقدار مقاومت ویژه ظاهری بالا می‌رود. محدوده بی‌هنجاری شماره ۲ از پروفیل E ۱۰۰ و در محدوده ایستگاههای S ۵۰ و S ۱۱۰ شروع شده و تا ایستگاه S ۵۰ پروفیل E ۲۵۰ ادامه دارد ولی شدت بارپذیری بالا در این محدوده بین پروفیل E ۱۰۰ تا E ۱۵۰ می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود مقدار مقاومت ویژه ظاهری در این محدوده پایین می‌باشد. در محدوده شماره ۳ که مقدار بارپذیری آن نسبت به محدوده‌های دیگر کمتر است در قسمت شمالی خط مبنا از ایستگاه N ۱۷۰ پروفیل E ۱۵۰ و بصورت توده‌های مجزا تا ایستگاه N ۱۵۰ پروفیل E ۲۵۰ ادامه دارد. در این محدوده مقدار مقاومت ویژه ظاهری به طرف شرق کاهش می‌یابد. البته لازم به ذکر است که

یک محدوده بی‌هنجاری بین پروفیل $30^{\circ}E$ تا $35^{\circ}E$ در ایستگاه $33^{\circ}N$ وجود دارد که با توجه به توپوگرافی شدید در منطقه ادامه برداشت ژئوفیزیکی میسر نگردید.

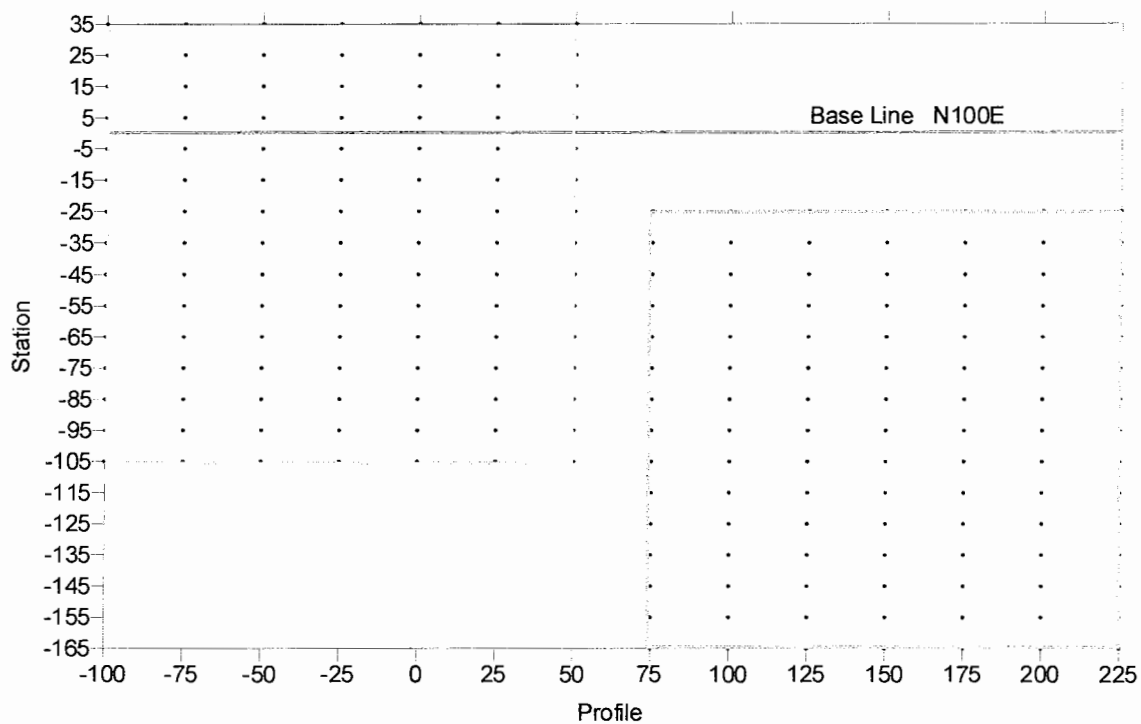
با توجه به نقشه‌های موجود (بارپذیری و مقاومت‌ویژه) و همچنین لیتولوژی سطحی و زمین‌شناسی منطقه محدوده بی‌هنجاری شماره ۱ کاملاً بر منطقه دگرسان شده و اکسید شده، که آثاری از اکسیدهای آهن و مالاکیت در آن دیده می‌شود منطبق است و کانی‌سازی عمدتاً در کنتاکت رادیولاریتها با بازالتها با روند شرقی-غربی به چشم می‌خورد. مقاومت‌ویژه ظاهری پایین در قسمتی از محدوده می‌تواند به خاطر بازالت‌های بالشی که در حاشیه آنها آثاری از اکسید آهن و مالاکیت به چشم می‌خورد باشد.

در محدوده بی‌هنجاری شماره ۲، IP بالا را می‌توان به دو دلیل توجیه کرد: یکی آن که تحت تأثیر روباره‌هایی باشد که حجم وسیعی را پوشانیده و یا اینکه می‌توانیم انتظار کانی‌سازی پراکنده‌ای را داشته باشیم که در محل کنتاکت رادیولاریتها با بازالت‌های بالشی به وجود آمده‌اند.

در محدوده بی‌هنجاری شماره ۳ که IP بالا با روند شرقی-غربی در آن مشاهده می‌شود دقیقاً در محل کنتاکت بازالت‌های بالشی با واحدهای رادیولاریتی می‌باشند که بصورت نوارهای زرد و قهوه‌ای رنگ در سطح زمین نمایان است.

برای بررسی بیشتر این تغییرات و با توجه به بی‌هنجاری موجود در نقشه‌های بارپذیری و مقاومت‌ویژه ظاهری حاصل از آرایه مستطیلی با خط جریان $AB=600$ متر، در سطح اقدام به دو آرایه مستطیلی با خط جریان 300 متر در محل بی‌هنجاری ۱ و ۲ گردید که نقشه‌های بارپذیری و مقاومت‌ویژه ظاهری حاصل از آن کاملاً بی‌هنجاریهای مذکور را تأیید می‌کند. با این تفاوت که بیشترین شدت بارپذیری اندازه‌گیری شده 100 mv/v و کمترین آن 180 - بوده است. شکل (۴-۷) نمایی از موقعیت الکترودهای جریان و پتانسیل را برای دو آرایه مستطیلی با مشخصات $AB = 300\text{m}$ و $MN = 10\text{m}$ در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

POST MAP

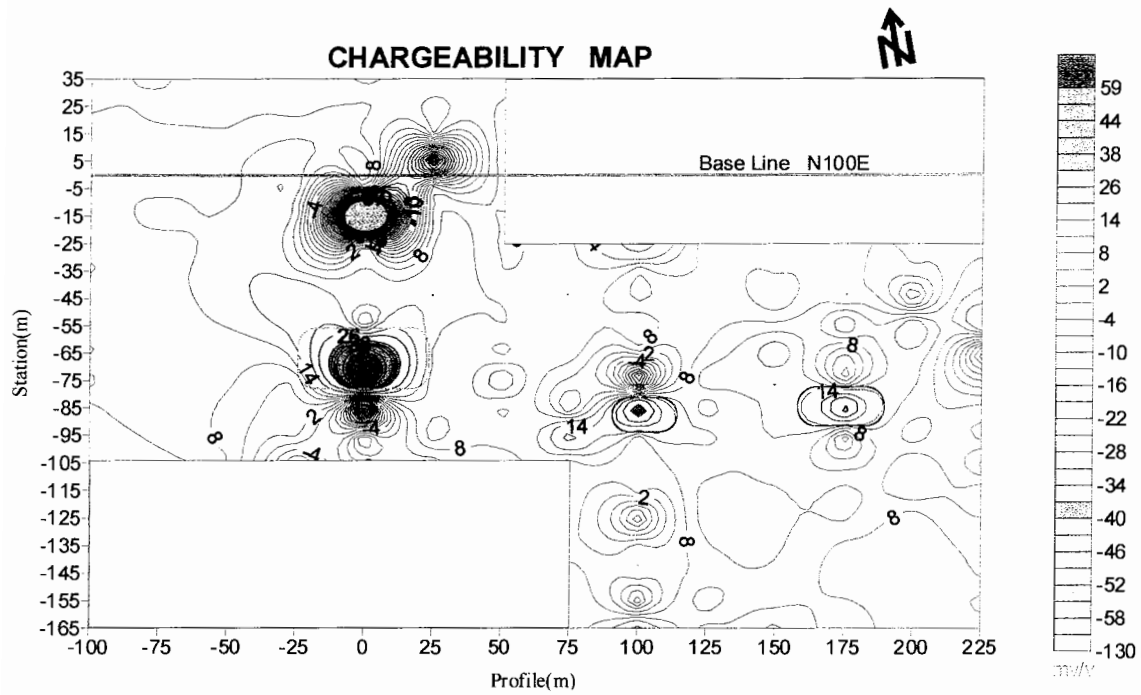


شکل (۷-۴): نحوه قرارگیری الکترودهای جریان و پتانسیل برای ۲ آرایه مستطیلی. ضربدرها محل قرارگیری

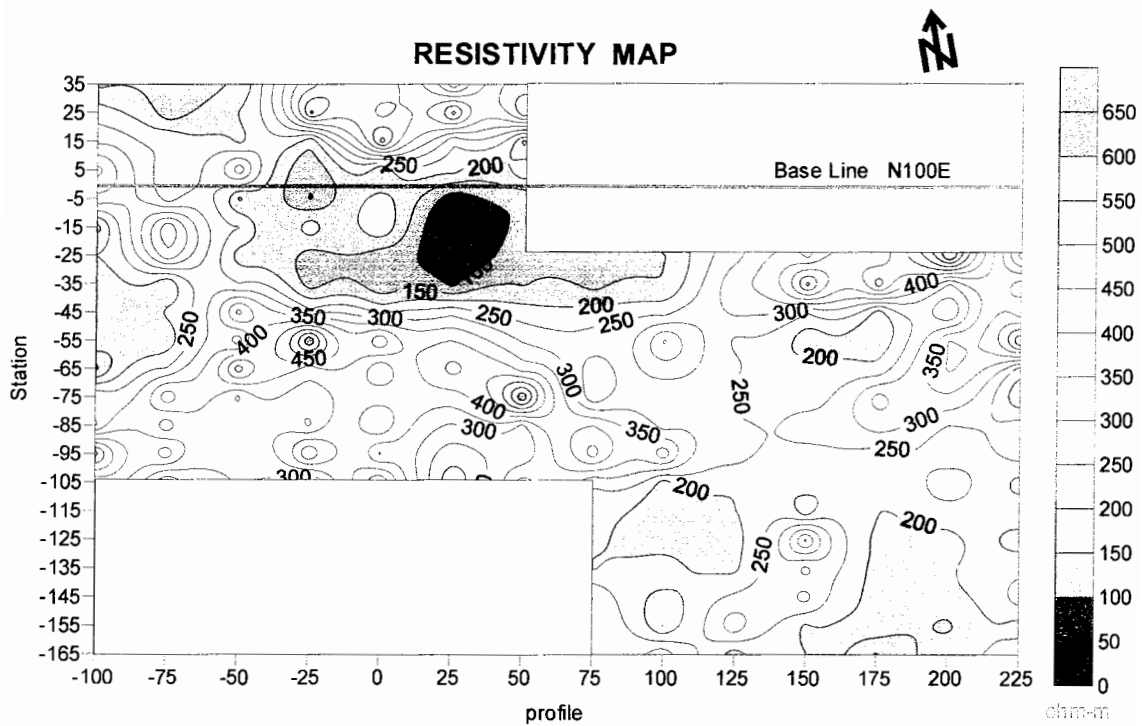
الکترودهای جریان هستند. $AB = 300m, MN = 10m$.

در شکل (۸-۴) و (۹-۴) به ترتیب نقشه هم مقادیر بارپذیری و مقاومت ویژه ظاهری حاصل از

آرایه مذکور بر روی مناطق آنومالی ۱ و ۲ به تصویر کشیده شده است.



شکل (۴-۸): نقشه بارپذیری حاصل از دو آرایه مستطیلی. $AB = 300m, MN = 10m$.



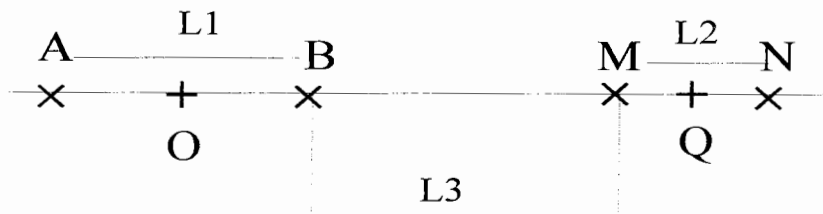
شکل (۴-۹): نقشه مقاومت ویژه ظاهری حاصل اندازه‌گیری از ۲ آرایه مستطیلی. $AB = 300m, MN = 10m$.

در نقشه بارپذیری شماره (۸-۴) بیشترین شدت بارپذیری اندازه‌گیری شده 100 mv/v و کمترین آن منفی 150 است و در پروفیل 00 بین ایستگاههای ۵۵S تا ۷۵S بیشترین مقدار بارپذیری مشاهده می‌شود. می‌توان با کمک نقشه زمین‌شناسی مناطق با مقاومت‌ویژه ظاهری بالا را متعلق به بازالت‌های بالشی و آهک‌های پلاژیک، و مناطق با مقاومت‌ویژه ظاهری پایین را متعلق به گسلها و محل کنتاکت رادیولاریتها با گدازه‌های بالشی و قسمت‌های دگرسان شده دانست.

با مقایسه نقشه‌های حاصل از دو آرایش مستطیلی با خطوط جریان متفاوت می‌توان چنین استنباط کرد که محدوده بی‌هنجاری شماره یک در نقشه شماره (۴-۵)، با بارپذیری بالاتر در بین پروفیل‌های ۲۵ W تا ۲۵ E در ایستگاههای ۶۵ S تا ۷۵ S از نقشه شماره (۴-۸) متمرکز شده است و این موضوع می‌تواند بیانگر عمیق بودن آنومالی در این منطقه می‌باشد. در صورتی که بی‌هنجاری شماره ۲ در نقشه (۴-۷) تبدیل به دو بی‌هنجاری مجزا در پروفیل‌های ۱۰۰ E و ۱۷۵ E در نقشه شماره (۴-۸) شده است که این موضوع نیز شاید بیانگر سطحی بودن آنومالی در این منطقه است.

۴-۶ آرایه دوقطبی-دوقطبی

در این آرایش الکترودهای جریان A و B و الکترودهای پتانسیل M و N در یک ردیف روی یک خط قرار دارند. این آرایش مطابق شکل زیر توسط طولهای $AB = L1$ و $MN = L2$ و $BM = L3$ مشخص می‌شود [۷۱]. O و Q مراکز AB و MN هستند.

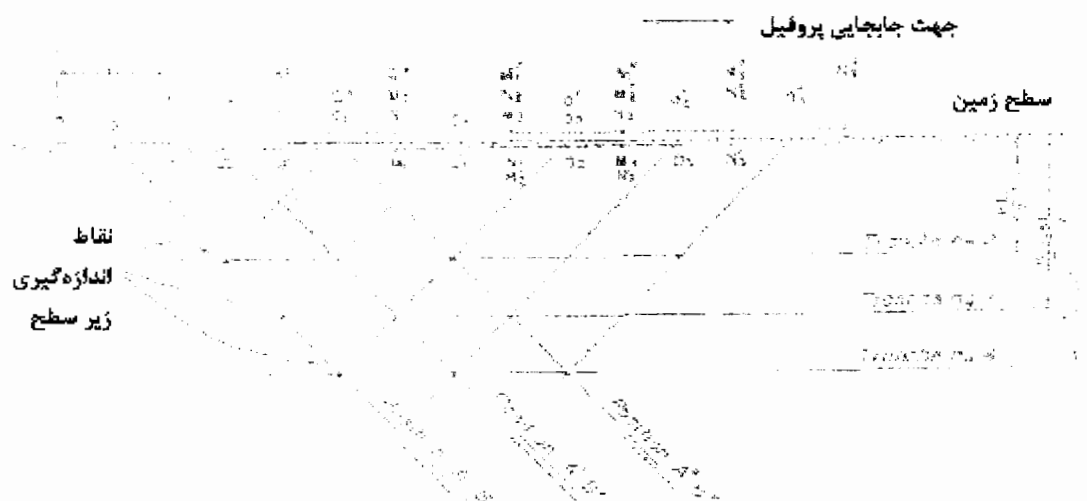


شکل (۴-۱۰): نمای کلی آرایه دوقطبی-دوقطبی [۷۱]

عملاً برای آرایشهای دوقطبی-دوقطبی از نسبت‌های $L1 = L2 = a$ و $L3 = na$ استفاده می‌کنند. در اینجا n عدد بزرگی است که برابر یا بزرگتر از ۱ در نظر گرفته می‌شود. نقطه اندازه‌گیری

روی مرکز OQ در نظر گرفته می‌شود. عمق تجسس با اضافه شدن n ، یعنی با افزایش OQ افزایش می‌یابد [۷].

می‌توان پروفیلها یا مقاطع پلاریزاسیون را برای یک عمق تجسس ثابت با جابجایی مجموع چهارقطبی $AB-MN$ به یک اندازه ثابت که معمولاً برابر a می‌باشد، انجام داد. اما اغلب مقاطع پلاریزاسیون القایی برای چندین عمق تجسس انجام می‌پذیرد که به ترتیب زیر عمل می‌شود.



شکل (۴-۱۱): جابجایی آرایه دوقطبی-دوقطبی برای اندازه‌گیری در عمقهای مختلف [۱].

برای یک وضعیت AB ، چندین اندازه‌گیری روی پروفیل با جابجایی الکترودهای M و N (به فاصله a) انجام می‌شود، در شکل بالا ایستگاه M_1N_1 ، $(n=1)$ ، M_2N_2 ، $(n=2)$ ، M_3N_3 ، $(n=3)$ و غیره. پس از آن AB با یک جابجایی به اندازه a به وضعیت $A'B'$ می‌رسد و اندازه‌گیری‌ها بین $M'_1N'_1$ ، $M'_2N'_2$ و غیره انجام می‌پذیرد. به همین ترتیب با جابجایی الکترودهای فرستنده در $A''B''$ ، اندازه‌گیری‌ها بین $M''_1N''_1$ و $M''_2N''_2$. غیره ادامه پیدا می‌کند [۱].

بطور تقریب می‌توان هر نقطه اندازه‌گیری واقع در زیر سطح زمین را از تقاطع خطوطی که از نقاط O (وسط AB) و Q (وسط M_1N_1) با زاویه 45° درجه نسبت به امتداد آرایش رسم می‌شوند، بدست آورد (شکل ۴-۱۱) [۶ و ۷].

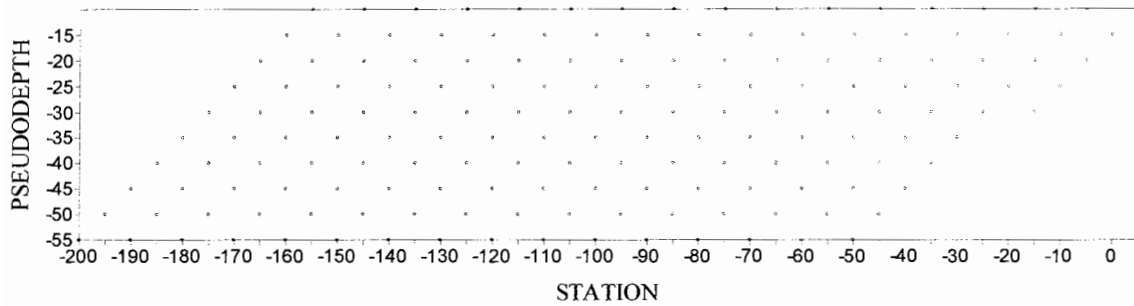
چنانچه مشاهده می‌شود با دور شدن MN مقادیر اندازه‌گیری شده مربوط به ساختارهای زمین‌شناسی عمیق‌تر می‌شود. (بطور تقریب محل و عمق ظاهری مقاومت‌ویژه و بارپذیری به ترتیب برابر است با $a\left(\frac{n+2}{2}\right)$ و $a\left(\frac{n+1}{2}\right)$ و K فاکتور هندسی آرایش دوقطبی-دوقطبی از رابطه $K = (n+1)(n)(n+2)\pi a$ به دست می‌آید). با اندازه‌گیری مقادیر بارپذیری در یک منطقه می‌توان نقشه‌های هم مقادیر بارپذیری را بدست آورد. به همین ترتیب در کنار این مطالعات می‌توان نقشه‌های مقاومت‌ویژه را نیز با استفاده از اندازه‌گیری مقادیر ρ_a بدست آورد. البته مقطعی که بدین ترتیب بدست آید یک شبه مقطع می‌باشد چراکه عمق ظاهری در نظر گرفته شده فقط وابسته به فاصله الکترودها نبوده بلکه به اختلاف مقاومت‌ویژه لایه‌ها و شیب منطقه نیز بستگی دارد. بنابراین نمای ارائه شده در شکل (۴-۱۱) را نمی‌توان به عنوان یک مقطع عمق واقعی در نظر گرفت [۶ و ۷].

نکته مهم اینکه چون زمین شیب‌دار است باید تصحیح توپوگرافی روی شبه مقاطع صورت بگیرد. تصحیح توپوگرافی و مدلسازی دوبعدی پارامتر مقاومت‌ویژه ظاهری و بارپذیری ظاهری حاصل اندازه‌گیری پلاریزاسیون القایی در پروفیلها، با استفاده از نرم افزار RES2DINV صورت گرفته است. در مورد پارامترهای کل-کل، روی داده‌های اندازه‌گیری شده تنها تصحیح موقعیت انجام شده، چراکه هنوز مطالعات جامعی در زمینه تغییرات پارامترهای کل-کل به سبب تأثیر توپوگرافی صورت نگرفته است.

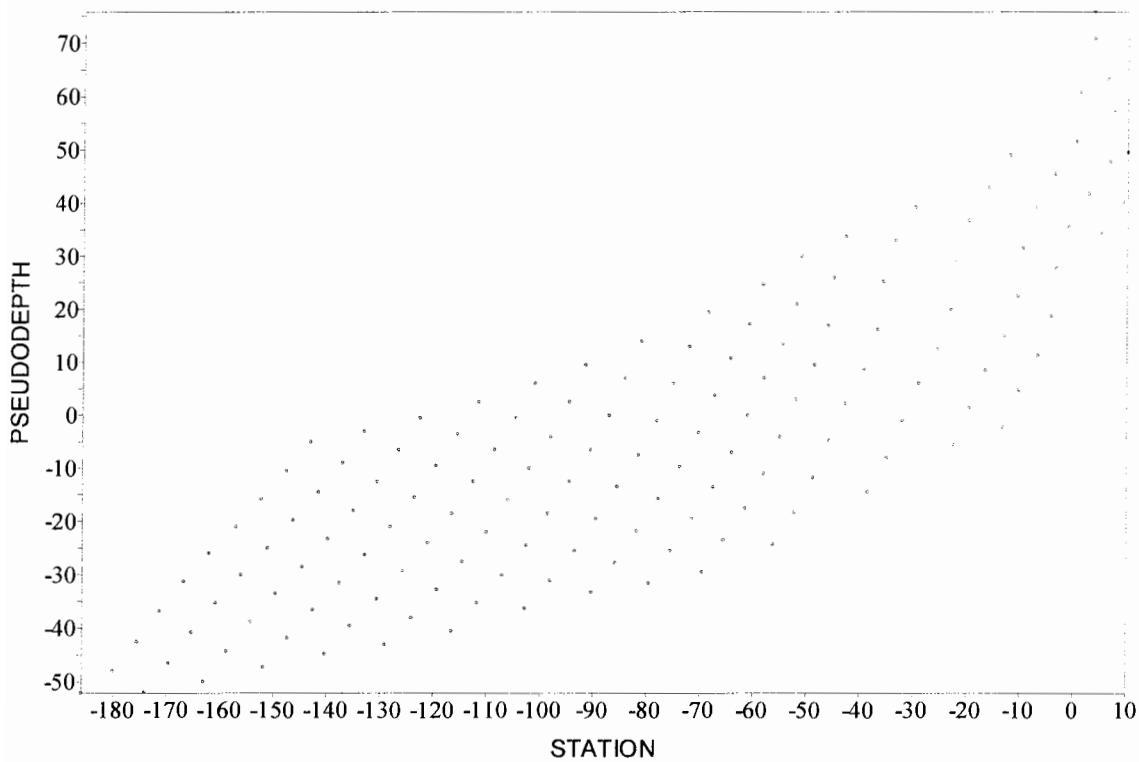
فرق تصحیح توپوگرافی با تصحیح موقعیت در این است که در تصحیح توپوگرافی علاوه بر تصحیح موقعیت به سبب توپوگرافی منطقه، مقدار داده‌های نسبت داده شده به هر نقطه نیز تغییر یا به عبارتی تصحیح می‌شود که دقیق‌تر و به واقعیت نزدیکتر است.

۷-۴ تصحیح موقعیت

برای روش شدن مطلب دو شبه مقطع از یک پروفیل که بر روی یکی از آنها تصحیح موقعیت صورت نگرفته و بر روی دیگری تصحیح موقعیت اعمال شده در شکل‌های زیر به تصویر کشیده شده است.



شکل (۴-۱۲): نمایی از محل قرارگیری داده‌ها در شبه مقطع قبل از اعمال تصحیح موقعیت.

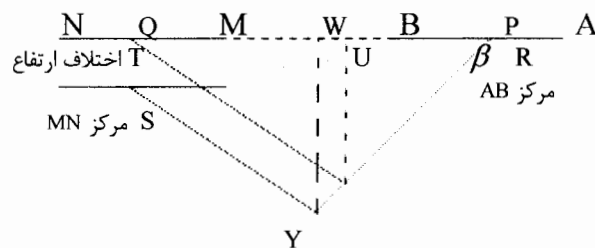


شکل (۴-۱۳): نمایی از محل قرارگیری داده‌ها در شبه مقطع پس از اعمال تصحیح موقعیت.

همانطور که در دو شکل بالا دیده می‌شود نه تنها عمق تجسس در اثر اعمال تصحیح موقعیت تغییر کرده، بلکه محلی که عمق تجسس به آن نسبت داده می‌شود، نیز تغییر کرده است.

۴-۷-۱ فرآیند تصحیح موقعیت

اگر زمین مسطح و هموار باشد و ایستگاه گیرنده و فرستنده در یک سطح قرار گیرند، نقطه‌ای که در آرایش دوقطبی-دوقطبی مقادیر اندازه‌گیری شده را نسبت می‌دهند از تقاطع خطوط ۴۵ درجه‌ای به دست می‌آید که از مرکز الکترودهای جریان و پتانسیل رسم می‌شود [۶ و ۷]. اما زمانی که ایستگاه گیرنده و فرستنده در یک سطح قرار ندارند تقاطع این خطوط کمی جابجا می‌شود (شکل ۴-۱۴). در شکل زیر مقدار این جابجایی برای یک حالت خاص محاسبه شده است.



شکل (۴-۱۴): تصحیح موقعیت در اثر شیب منطقه

$$\text{اختلاف ارتفاع} \quad T = S - R$$

$$\text{اختلاف موقعیت} \quad U = P - Q$$

در مثلث PQS داریم:

$$V = \text{Arctg} \frac{T}{U}$$

در مثلث PSY داریم:

$$\cos(45 - V) = \cos \beta = \frac{PY}{PS} \Rightarrow PY = PS \times \cos(45 - V)$$

از طرفی در مثلث PQS داریم:

$$PS = \frac{U}{\cos V}$$

$$\Rightarrow PY = \frac{U}{\cos V} \times \cos(45 - V)$$

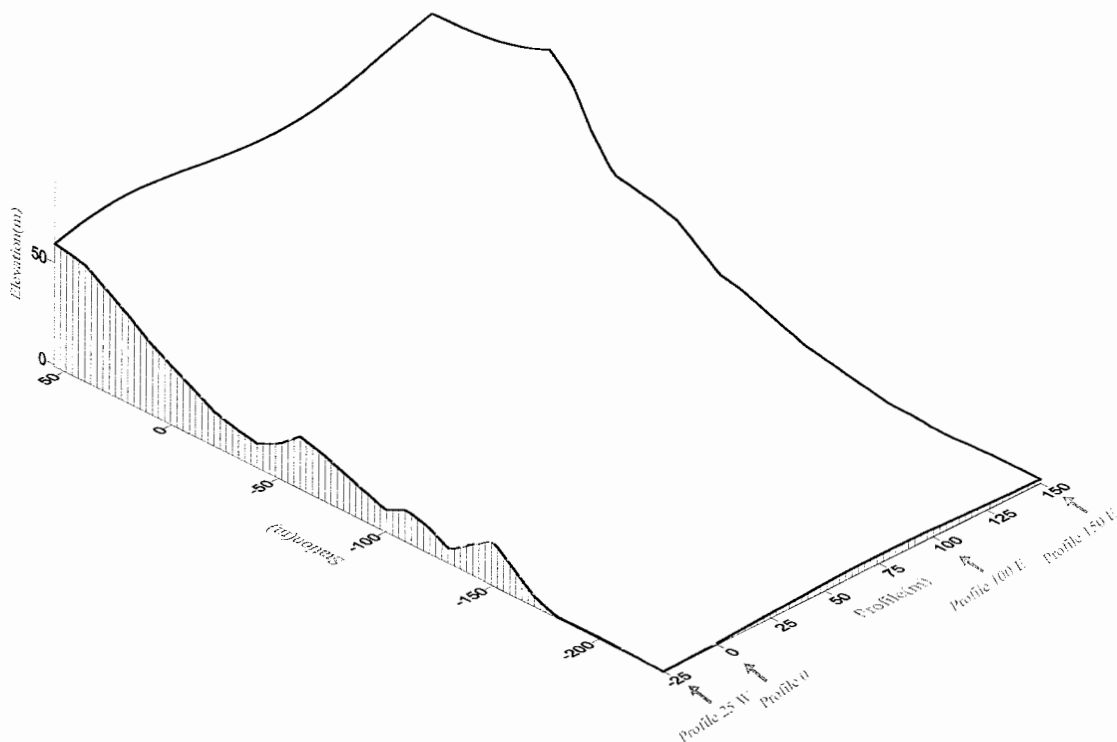
در حالت جدید WP و WY مجهول هستند که با کمک اندازه PY می‌توان آنها را محاسبه کرد

$$WP = PY \times \cos 45 = \frac{U}{\sqrt{2} \cos V} \times \cos(45 - V) \quad (1-4)$$

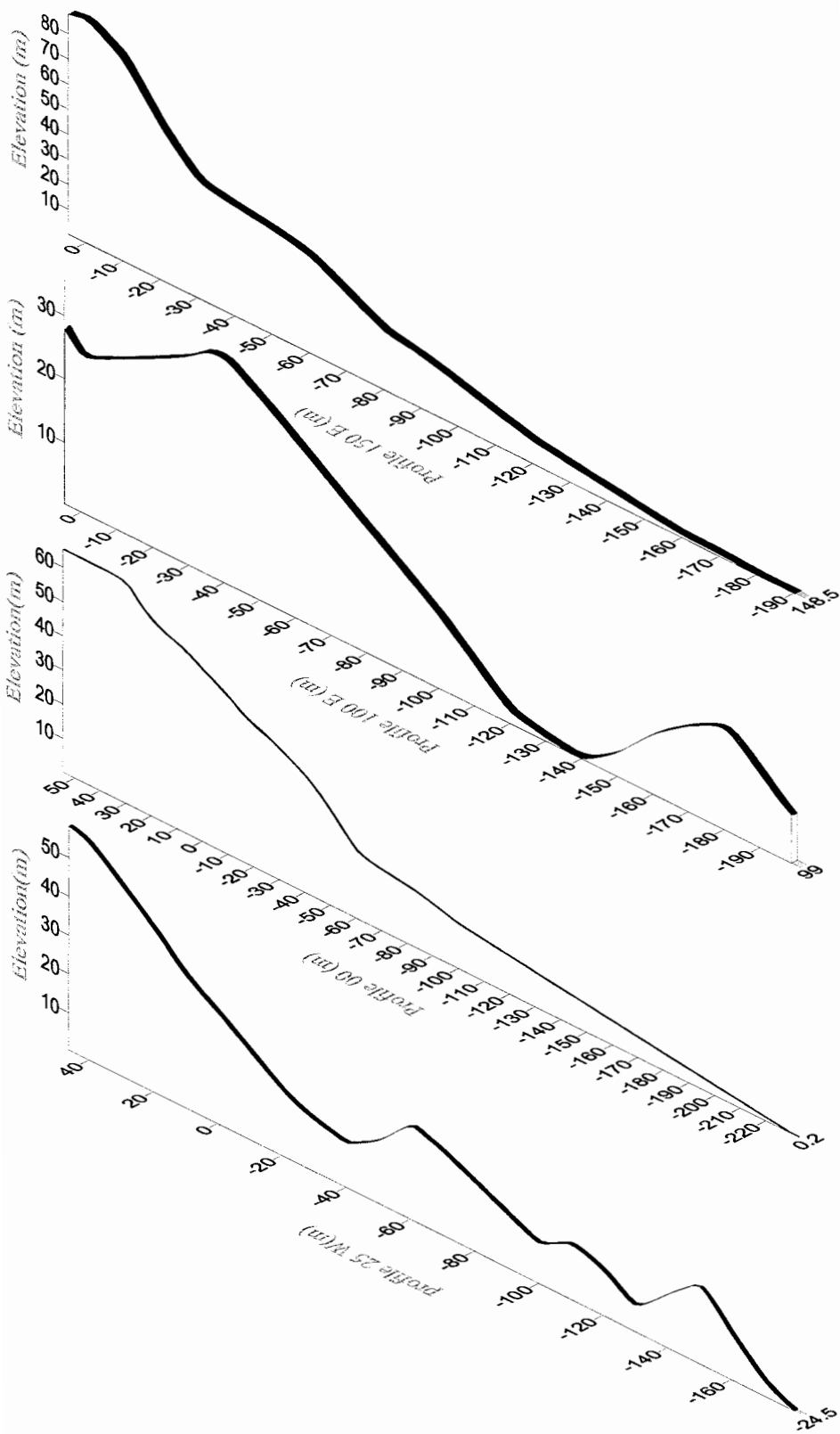
$$WY = PY \times \sin 45 = \frac{U}{\sqrt{2} \cos V} \times \cos(45 - V) \quad (2-4)$$

با کمک معادلات (۱-۴) و (۲-۴) بر روی کلیه مقادیر پارامتر کل-کل می‌توان در یک خط پروفیلی تصحیح موقعیت انجام داد. در این پایان‌نامه همچنین سعی شده مقایسه‌ای بین شبه مقاطع حاصل از تصحیح توپوگرافی با نرم‌افزار RES2DINV و شبه مقطعی که پس از اعمال تصحیح موقعیت بدست می‌آید صورت پذیرد.

در منطقه مورد مطالعه چهار پروفیل به اسمهای 0، 100E، 25W، 150E که معرف مکان قرارگیری آن در محل برداشت می‌باشد، به منظور بررسی عمقی مناطق آنومالی شماره ۱ و ۲ شکل (۴-۵) صورت گرفت. که از این پروفیلها، پروفیل 0 و 25W بر روی آنومالی شماره ۱ و پروفیل 100E و 150E بر روی آنومالی شماره ۲ قرار دارد. در شکل (۴-۱۵) نمایی از این پروفیلها و توپوگرافی منطقه به تصویر کشیده شده است. همانطور که دیده می‌شود تغییرات در منطقه بسیار شدید است.



شکل (۴-۱۵ الف): نمایی از توپوگرافی منطقه



شکل (۴-۱۵-ب): نمایی از توپوگرافی پروفیلها

شش شبه مقطع برای هر یک پروفیل‌های 0، 100E، 25W، 150E ترسیم شده، که ۲ مورد از این ۶ مورد، شبه مقاطع بارپذیری محدود و مقاومت‌ویژه ظاهری هستند که با کمک نرم افزار RES2DINV به دست آمده است (چگونگی استفاده از نرم افزار RES2DINV برای مدل‌سازی معکوس پروفیلها به روش آرایه دوقطبی-دوقطبی در پیوست و آورده شده است). ۴ مورد دیگر مربوط به شبه مقاطع بارپذیری محدود، مقاومت‌ویژه ظاهری، ثابت زمان ظاهری و پارامتر بارپذیری مدل کل-کل است که در مورد آنها به سبب توپوگرافی منطقه تصحیح موقعیت صورت گرفته است. بدین ترتیب می‌توانیم مقایسه‌ای بین ۴ شبه مقطع بارپذیری محدود و مقاومت‌ویژه ظاهری حاصل از نرم‌افزار RES2DINV و فرآیند جبری تصحیح موقعیت داشته باشیم.

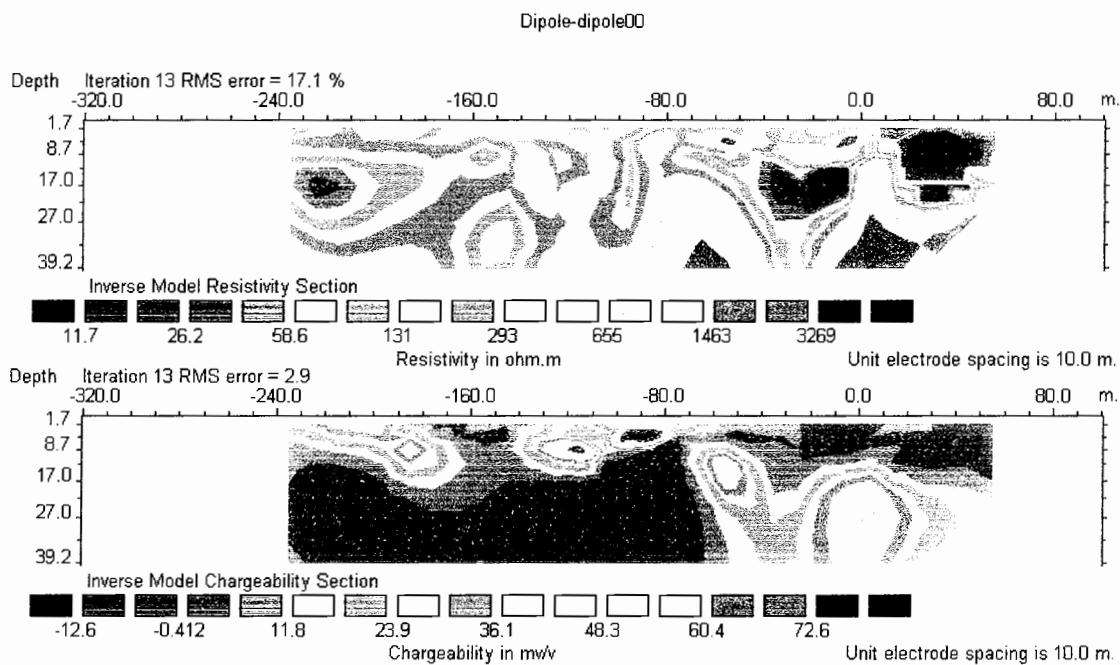
۴-۸ پروفیل 0

اندازه‌گیری به روش آرایه دوقطبی-دوقطبی در پروفیل 0 از ایستگاه AB=۶۵ به اندازه $a=10$ متر شروع شده تا ایستگاه AB=-۱۵۵ ادامه یافته است. براساس نتایج گفته شده در مورد عمق تجسس در نظر گرفته شده در روش آرایه دوقطبی-دوقطبی، عمق ظاهری نسبت داده شده در این حالت برای آخرین n یعنی ۱۰، برابر با ۵۵- متر از سطح زمین می‌باشد (در کتابها و منابع علمی توصیه شده که گسترش آرایه دوقطبی-دوقطبی تا $n=6$ صورت نگیرد [۶ و ۷ و ۲۰] چراکه با افزایش n اختلاف پتانسیل بین دو الکتروود پتانسیل کاهش می‌یابند و ادامه اندازه‌گیری، باعث کاهش دقت اندازه‌گیری‌ها می‌شود [۲۰] ولی همانطور که قبلاً گفته شد دقت دستگاه IPR-۱۲ تا $0.1/0.1$ میلی ولت بر ولت می‌باشد [۱۸] که این قابلیت به ما اجازه می‌دهد که تا $n=10$ برداشت ژئوفیزیکی داشته باشیم). برای تجسس در عمقهای بیشتر دیگر مجاز به افزایش مقدار n نیستیم راه حل پیشنهاد شده این است که مقدار a افزایش یابد که در پروفیل 00 به دلیل اهمیت آن، به ازای $a=20$ متر نیز رویه اندازه‌گیری انجام شده و تا n مساوی ۷ پیش رفت که در نتیجه آن عمق تجسس ظاهری به ۸۰ متر رسد. اما عمق تجسسی که در نرم‌افزار RES2DINV استفاده می‌شود به مانند حالت قبل از تقاطع خطوط ۴۵ درجه به دست نمی‌آید. در نرم‌افزار RES2DINV برای عمق تجسس از متوسط عمق

جستجو^۱ استفاده می‌شود که برای آرایه‌های مختلف بسته به فاصله الکترودی و طول آرایه مقدار آن متفاوت است [۲۰]. مقادیر عمق متوسط بوسیله تلفیق با تابع حساسیت با عمق تعیین می‌شود [۲۱].

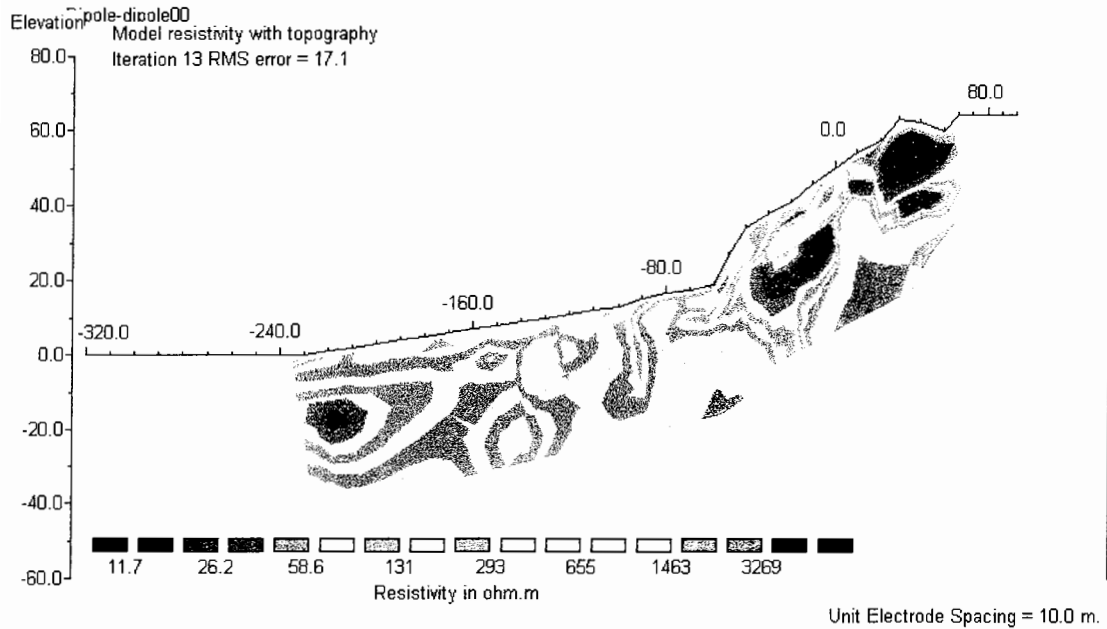
در پیوسته مقادیر متوسط عمق جستجو برای آرایه‌های مختلف آورده شده است.

در شکل (۴-۱۶ الف) تا شکل (۴-۱۶ ز) شبه مقاطع بارپذیری و مقاومت ویژه ظاهری پلاریزاسیون القایی و ثابت زمان ظاهری و بارپذیری کل-کل پس از اعمال تصحیح توپوگرافی و تصحیح موقعیت به تصویر کشیده شده است.



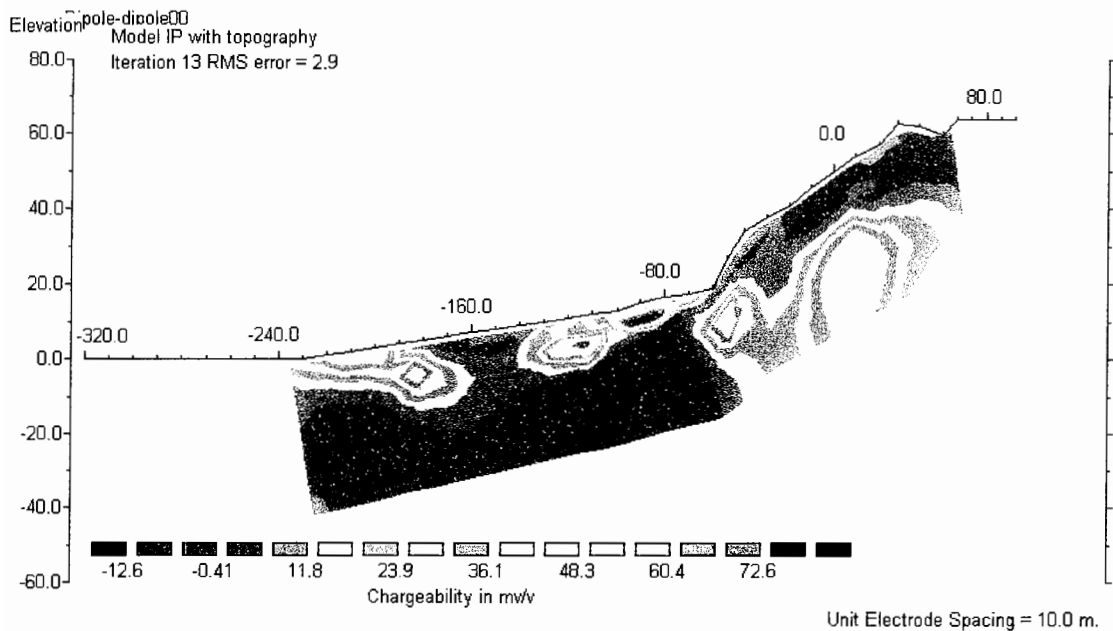
شکل (۴-۱۶ الف): مقاطع ژئوالکتریکی حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت ویژه و بارپذیری ظاهری پروفیل 0 با استفاده از نرم افزار RES 2DINV (بدون نمایش توپوگرافی).

¹ Median depth of investigation



Horizontal scale is 17.12 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.54
First electrode is located at -320.0 m.
Last electrode is located at 100.0 m.

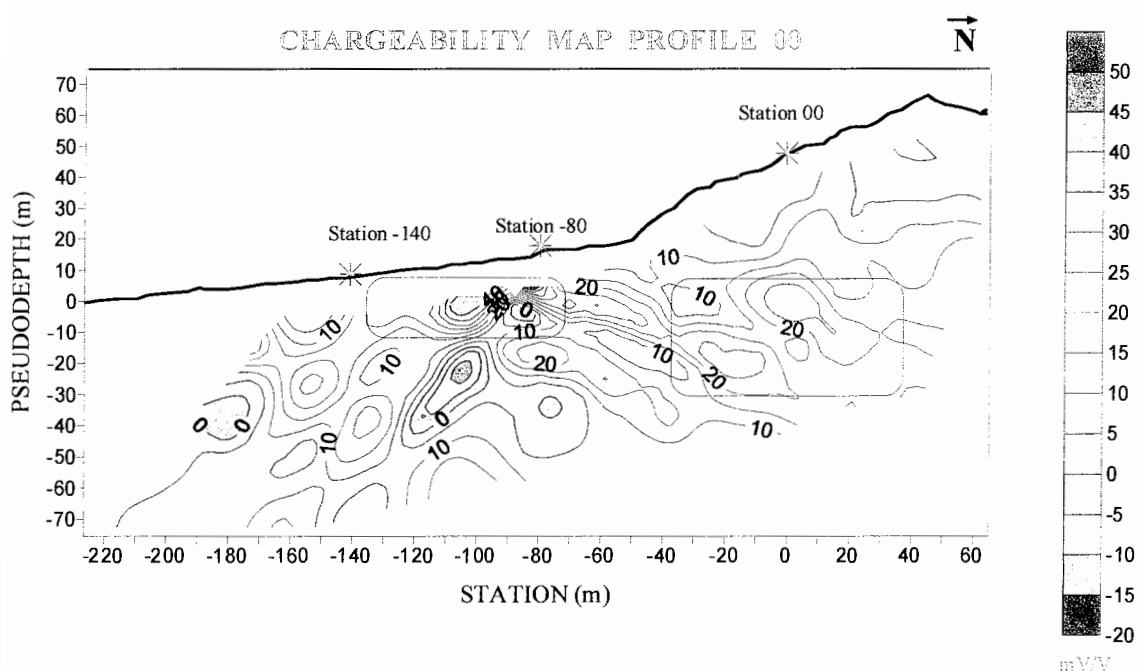
شکل (۴-۱۶ ب): مقاطع ژئوالکتریک حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت‌ویژه ظاهری پروفیل 0 با استفاده از نرم‌افزار RES 2DINV (همراه با نمایش توپوگرافی).



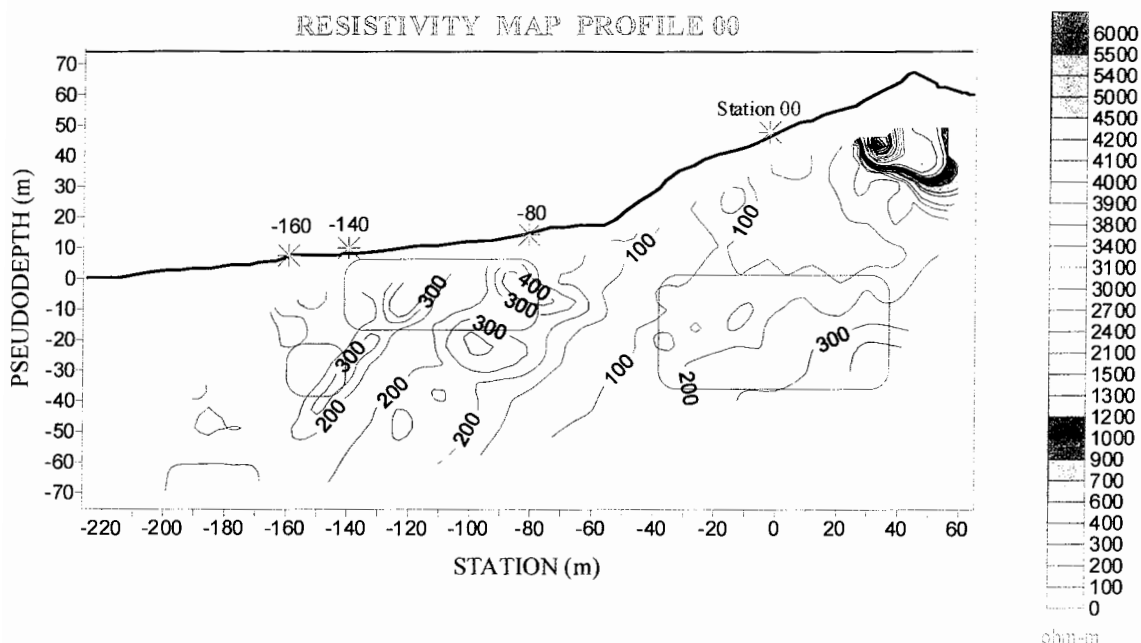
Horizontal scale is 17.12 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.54
First electrode is located at -320.0 m.
Last electrode is located at 100.0 m.

شکل (۴-۱۶ ج): مقاطع ژئوالکتریک حاصل از مدل‌سازی معکوس بارپذیری ظاهری پروفیل 0 با استفاده از نرم‌افزار RES 2DINV (همراه با نمایش توپوگرافی).

شکل‌های (۴-۱۶-الف) و (۴-۱۶-ج) حکایت از یک آنومالی آشکار عمیق در زیر ایستگاه 00 در عمق ۱۰ متری تا ۳۰ متری سطح زمین و یک آنومالی سطحی در ما بین ایستگاه ۸۰- تا ۱۴۰- از سطح زمین تا عمق ۱۰ متری و همچنین یک آنومالی نسبتاً ضعیف در زیر ایستگاه‌های ۱۸۰- تا ۱۹۰- از سطح زمین تا عمق ۱۰ متری می‌باشیم. آنومالی که در نتایج مدل‌سازی زیر ایستگاه 00 دیده می‌شود در شکل (۴-۵)، نقشه بارپذیری حاصل از آرایه مستطیلی ($AB = 600m, MN = 20m$) نیز شاهد آن هستیم ولی این آنومالی در شکل (۴-۸)، نقشه بارپذیری حاصل از دو آرایه مستطیلی ($AB = 300m, MN = 10m$) دیده نمی‌شود چرا که عمق تجسس آرایه مستطیلی در این حالت کم است. (می‌توان این نتیجه را گرفت که برای آرایه مستطیلی با مشخصات $AB = 300m, MN = 10m$ ، عمق تجسس حتی کمتر از ۱۰ متر است). و همین‌طور در شکل (۴-۵)، آنومالی‌های سطحی که در ما بین ایستگاه‌های ۸۰- تا ۱۴۰- قرار دارند را نمی‌بینیم. چرا که عمق تجسس آرایه مستطیلی با مشخصات $AB = 600m, MN = 20m$ بیش از ۱۰ متر است و این آنومالی تأثیری بر اندازه‌گیری‌ها ندارد. اما همین آنومالی سطحی تقریباً در شکل (۴-۸) دیده می‌شود. در شکل‌های زیر ۴ شبه مقطع که بر روی آنها تصحیح موقعیت صورت گرفته به تصویر کشیده شده است که در آنها نیز این نواحی به شکل‌های دیگر به تصویر کشیده شده است.



شکل (۴-۱۶-د): شبه مقطع بارپذیری پروفیل 0.



شکل (۴-۱۶-۵): شبه مقطع مقاومت ویژه پروفیل 0.

در شکل (۴-۱۶-۵) و (۴-۱۶-۵) نواحی آنومالی بصورت مستطیل نمایش داده شده است هر جا که مقدار بارپذیری بالا است شاهد کاهش مقاومت هستیم. در اینجا نیز تقریباً همانند مقاطع حاصل از مدل سازی شاهد آنومالی در زیر همان ایستگاهها هستیم ولی عمق قرارگیری آنها متفاوت است. بطوریکه آنومالی زیر ایستگاه 00 در عمق ۵۰ متری تا ۸۰ متری از سطح زمین ، آنومالی قرارگرفته در زیر ایستگاههای ۸۰- تا ۱۴۰- در عمق ۱۰ متری تا ۲۰ متری و همچنین آنومالی قرارگرفته در زیر ایستگاه ۱۴۰- در عمق ۲۰ متری تا ۴۰ متری سطح زمین قرار می گیرد.

مسلماً واضح ترین آنومالی که هم در مقاطع مدل سازی و هم در شبه مقاطع دیده می شود آنومالی است که در زیر ایستگاه 00 قرار دارد. اما به واقع این آنومالی در چه عمقی قرار گرفته است. یک روش برای بررسی، حفر گمانه در این منطقه است. شرکت پارس پی آزما در ایستگاه 00 اقدام به حفر یک گمانه کرد که مشخصات گمانه و مقطع زمین شناسی آن بصورت زیر است.

گمانه مورد بررسی در محل ایستگاه 00 برداشتهای ژئوفیزیکی در نقطه ای با مختصات جغرافیایی $28^{\circ}08'20N$ و $56^{\circ}58'06E$ و ارتفاع ۱۶۰۸ متر حفر شده است. امتداد این حفاری

$E-10-N$ ، جهت آن شمال شرق ، زاویه حفاری ۲۵ درجه از حالت قائم و عمق نهایی این گمانه ۶۵ متر می‌باشد.

واحدهای برداشت شده از روی مقدار مغزه به دست آمده در شکل (د-۱) آمده است. این واحدها به شرح زیر است.

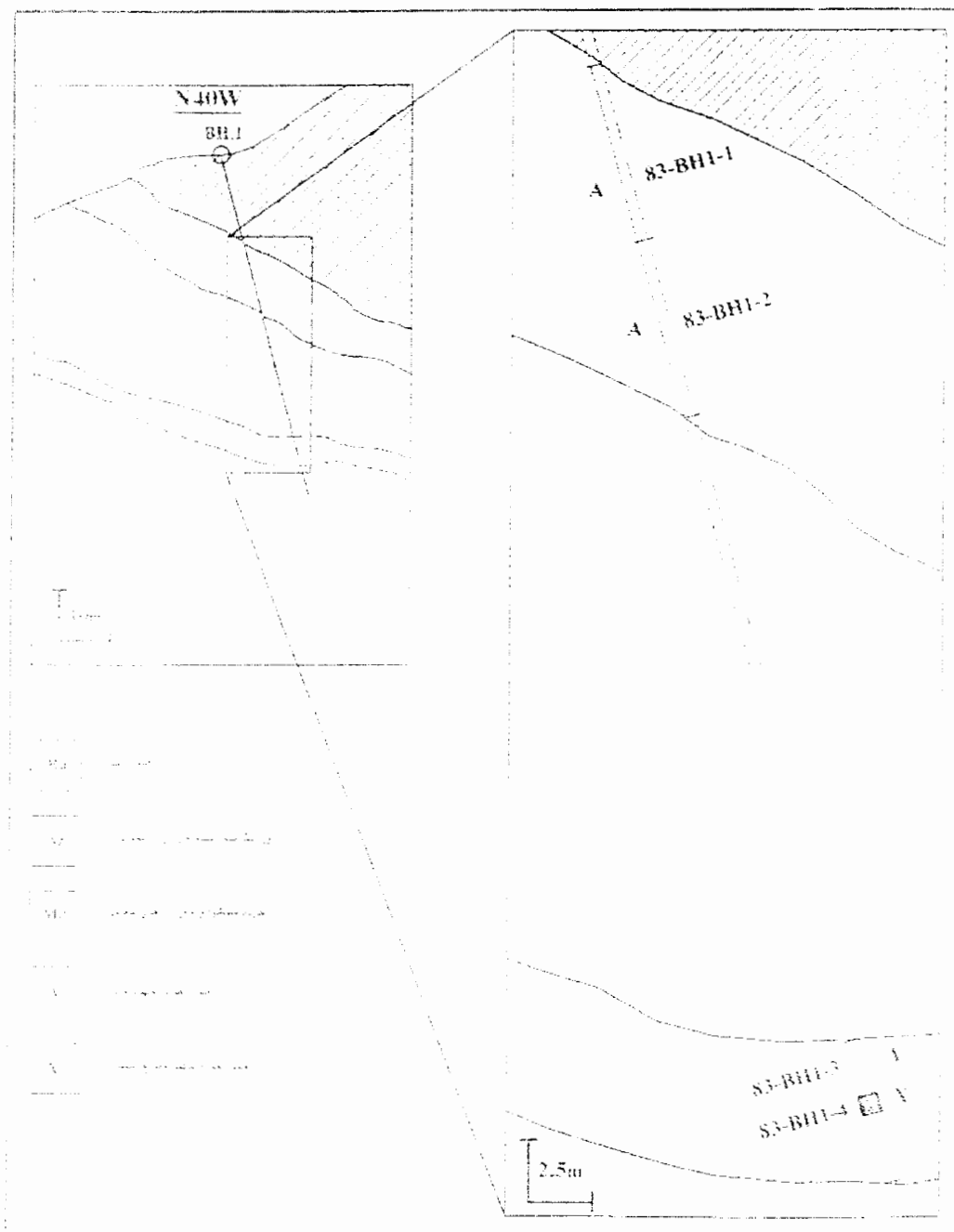
- ۱۵ متر واحد رادیولاریتی کاملاً خرد شده که گاهی با واریزه‌های احتمالاً معدنی همراه بود. از این بخش حدود ۱ متر مغزه به دست آمد.

- ۱۲ متر زون شدیداً دگرسان شده آرژیلی- سیلیسی و لیمونیتی که در آن آثار پیریت اکسیده و مالاکیت به میزان فراوان می‌باشد.

- ۲۵ متر واریزه معدنی، سنگهای خرد شده و آثار فعالیت معدن قدیمی

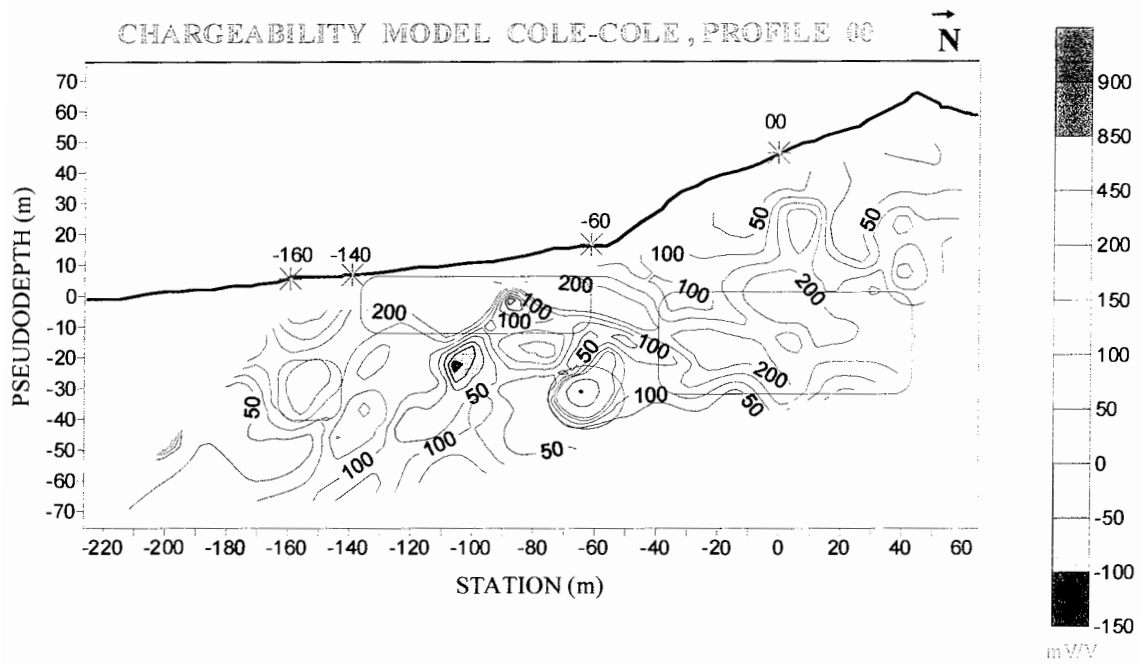
- ۵ متر زون برشی و شدیداً دگرسان شده آرژیلی- لیمونیتی همراه با آثار مالاکیت و نیز پیریت اکسیده.

- ۸ متر واریزه معدنی، سنگهای خرد شده به همراه آثار فعالیت معدنکاری قدیمی که در این عمق با توجه به وجود واریزه‌ها ادامه حفاری به هیچ وجه میسر نبود. بنابراین حفاری در عمق ۶۳ متری متوقف شد [۴]. ستون لاگ زمین‌شناسی مربوط به این گمانه در پیوست د آورده شده است.

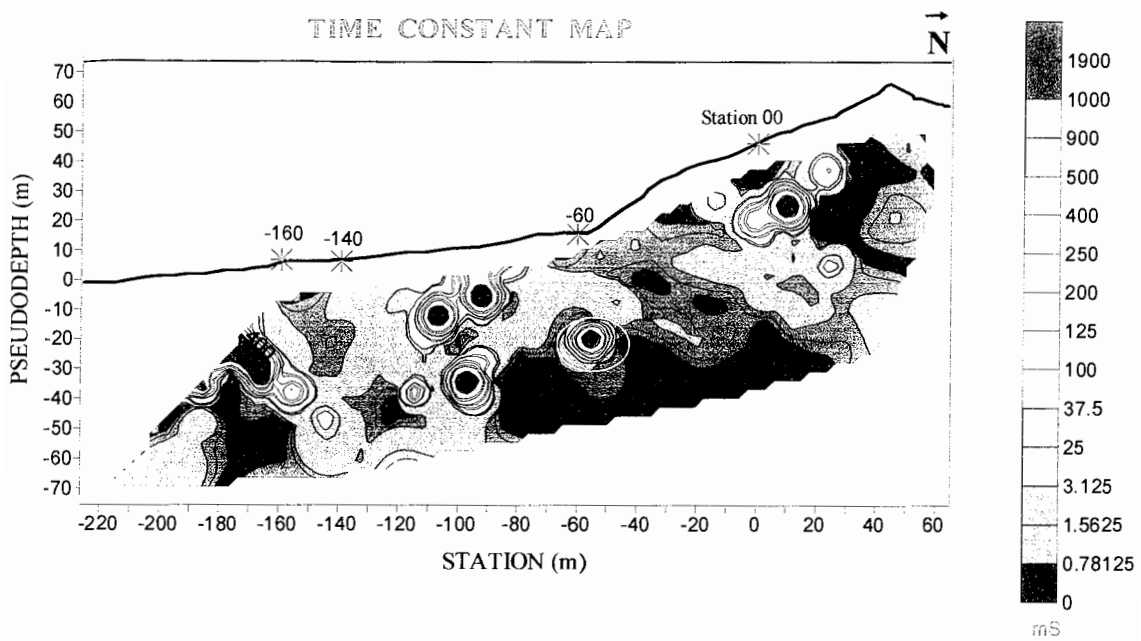


شکل (۴-۱۶-و): مقطع عرضی واحدهای زمین‌شناسی و موقعیت نقاط نمونه‌گیری شده در امتداد گمانه حفر شده در ایستگاه ۰۰.

با توجه به شیب ۲۵ درجه‌ای گمانه در عمق ۱۳/۵ متری شاهد آنومالی هستیم. که این نتیجه با نتیجه‌ای که از مدل‌سازی بدست آمد همخوانی دارد.



شکل (۴-۱۶-ز): شبه مقطع بارپذیری مدل کل-کل پروفیل 0.

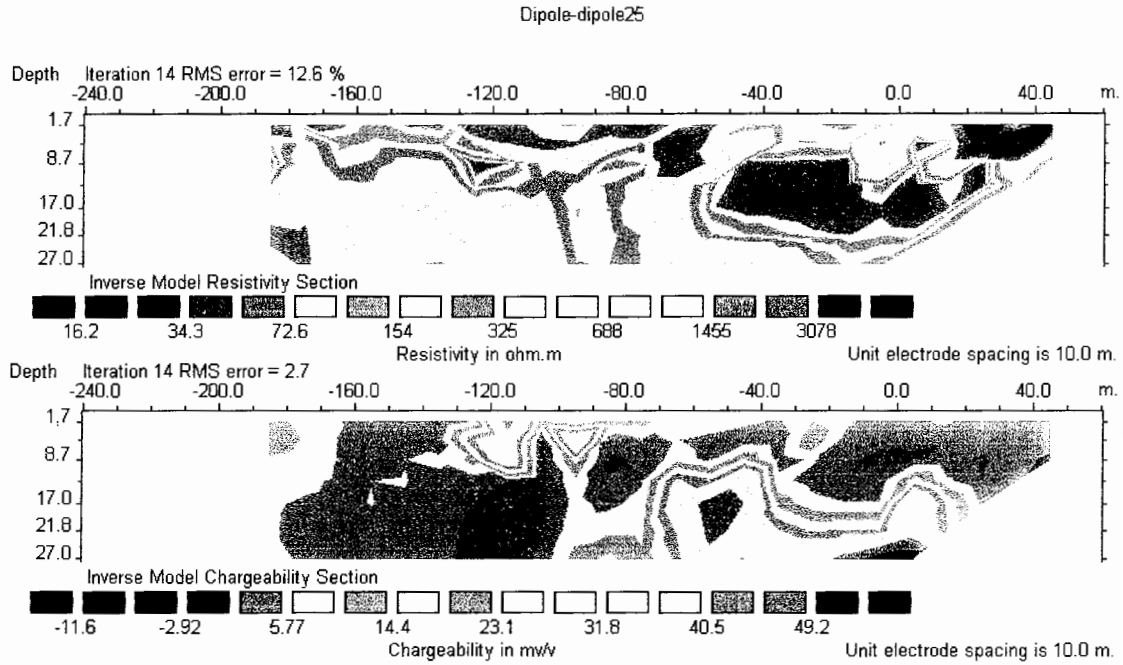


شکل (۴-۱۶-ح): شبه مقطع ثابت زمان ظاهری مدل کل-کل پروفیل 0.

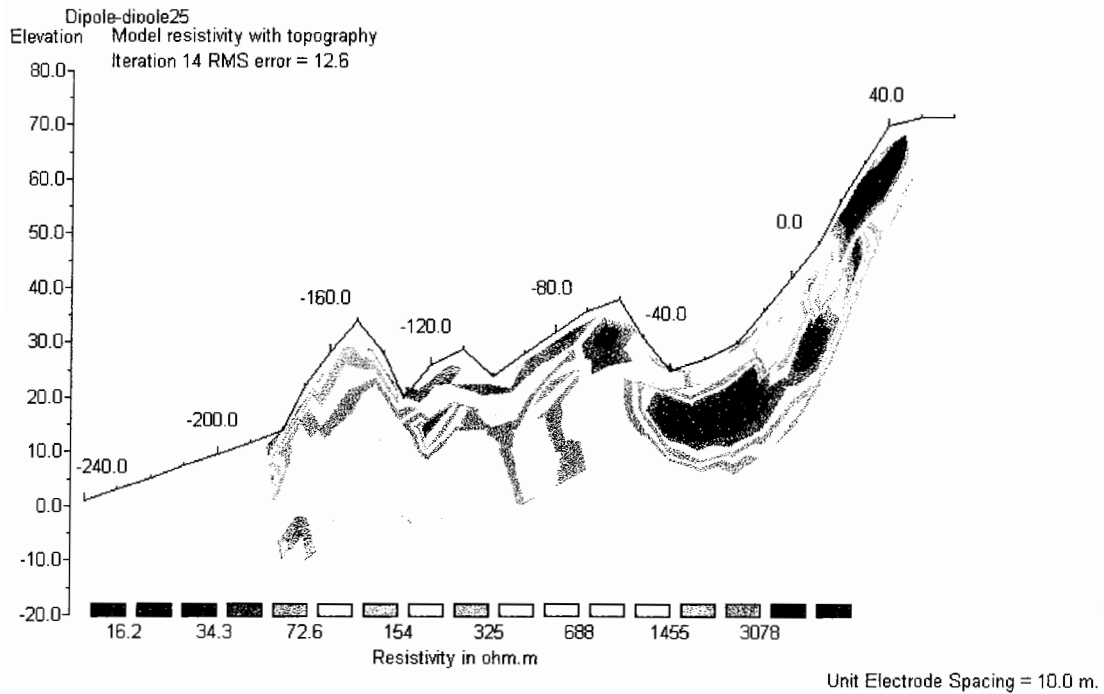
محدوده تغییرات بارپذیری مدل کل-کل، همانطور که در شکل (۴-۱۶-ز) دیده می‌شود خیلی بیشتر از محدوده بارپذیری حاصل از پلاریزاسیون القایی، یعنی شکل (۴-۱۶-د) است (بطوریکه محدوده تغییرات بارپذیری مدل کل-کل از منفی ۱۵۰ تا مثبت ۱۰۰۰ است در صورتی که محدوده تغییرات بارپذیری پلاریزاسیون القایی از منفی ۲۰ تا مثبت ۵۵ است) و این امر سبب اکتشاف بهتر مناطق آنومالی می‌شود. به همین دلیل در شکل (۴-۱۶-ز) شاهد یک آنومالی بارز در زیر ایستگاه ۶۰- می‌باشیم که در شکل بصورت بیضی نشان داده شده است، و این آنومالی در شکل (۴-۱۶-د) دیده نمی‌شد. از روی شبه مقطع ثابت زمانی (شکل ۴-۱۶-ح) می‌توانیم اندازه ذرات کانی‌سازی را مشخص کنیم. در شکل (۴-۱۶-ح) می‌بینیم که اندازه ذرات کانی‌سازی که در شکل (۴-۱۶-ز) دیده شد، بزرگ است.

۴-۹ پروفیل ۲۵ غربی

پروفیل E ۲۵ از ایستگاه AB=۵۵ به اندازه a=۱۰ متر شروع شده تا ایستگاه AB=۱۲۵ ادامه یافته است. براساس نتایج گفته شده برای عمق تجسس ظاهری در روش آرایه دوقطبی-دوقطبی، عمق نسبت داده شده در این حالت برای آخرین n یعنی ۱۰، برابر با ۵۵- متر از سطح زمین می‌باشد. در اینجا نیز مانند حالت قبل ابتدا به مطالعه و بررسی مقاطع مدل‌سازی (نشان داده شده در شکل‌های ۴-۱۷-الف تا ۴-۱۷-ج) و سپس به مطالعه و بررسی شبه مقاطع ظاهری (نشان داده شده در شکل‌های ۴-۱۷-د تا ۴-۱۷-ز) می‌پردازیم.

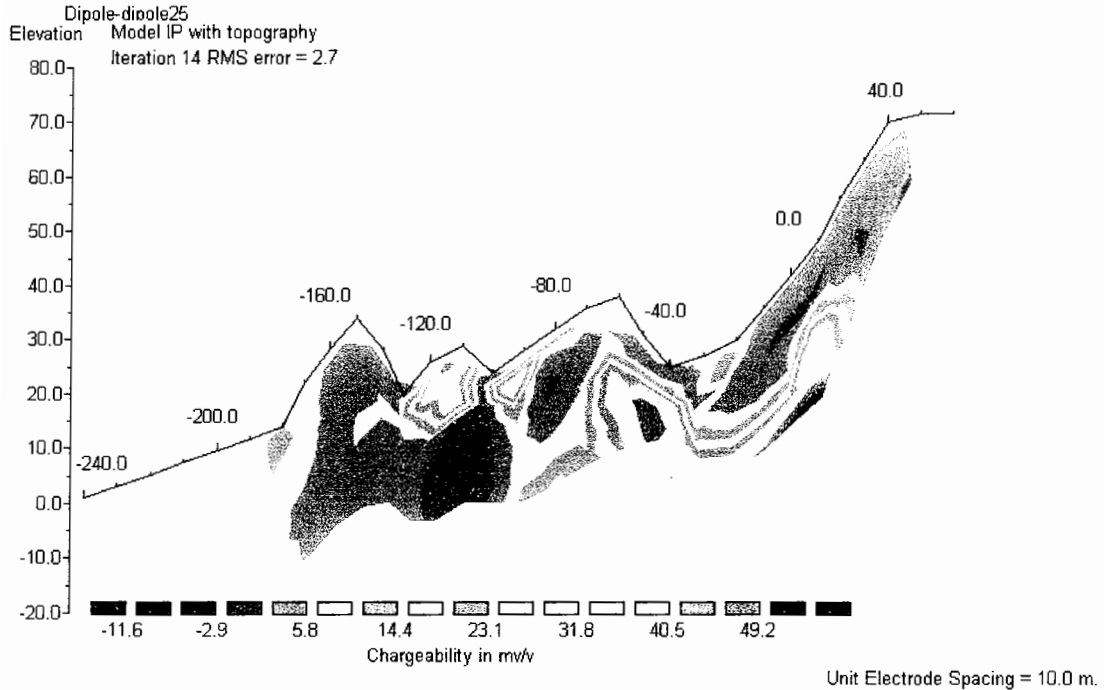


شکل (۴-۱۷-الف): مقطع ژئوالکتریک حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت‌ویژه و بارپذیری ظاهری پروفیل ۲۵ غربی با استفاده از نرم افزار RES 2DINV (بدون نمایش توپوگرافی).

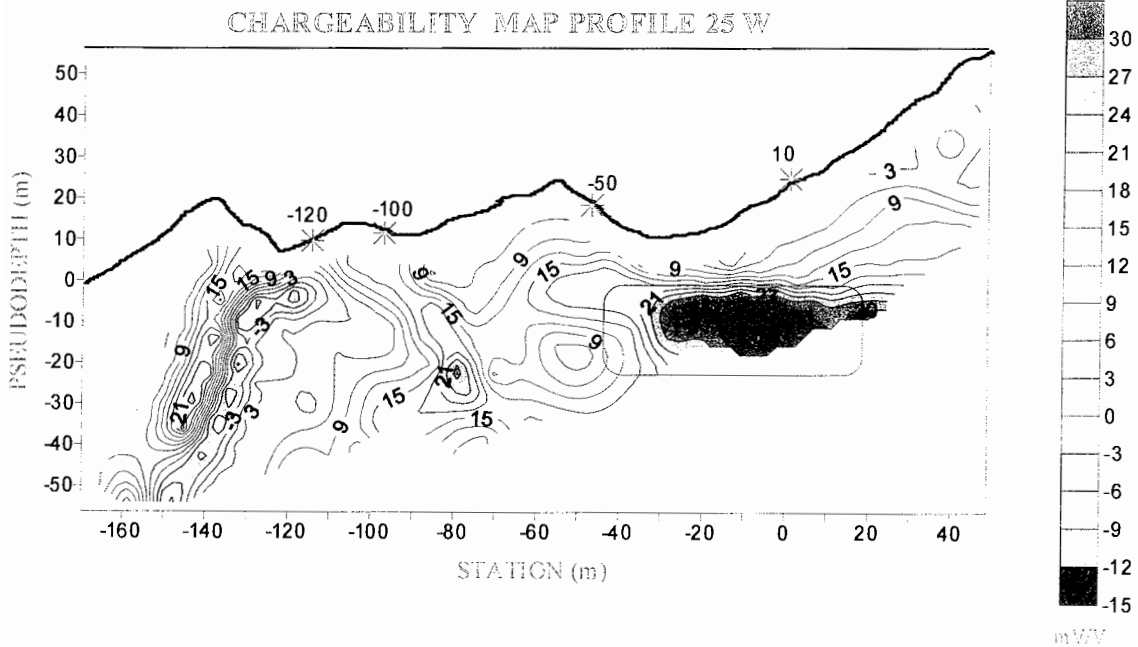


Horizontal scale is 23.97 pixels per unit spacing
 Vertical exaggeration in model section display = 1.61
 First electrode is located at -240.0 m.
 Last electrode is located at 60.0 m.

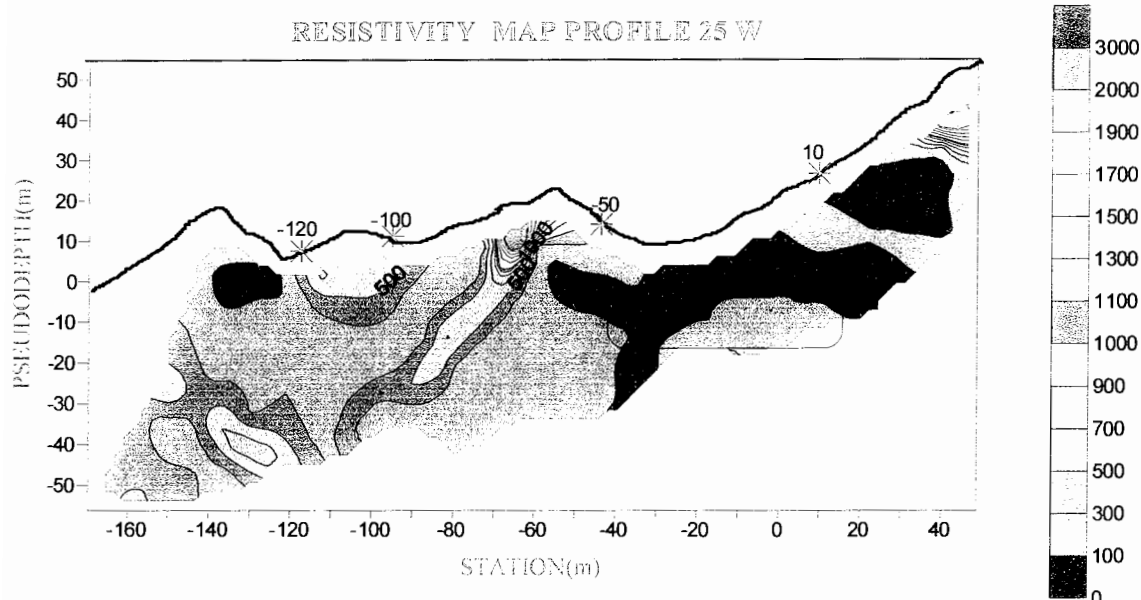
شکل (۴-۱۷-ب): مقطع ژئوالکتریک حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت‌ویژه ظاهری پروفیل ۲۵ غربی با استفاده از نرم افزار RES2DINV (همراه با نمایش توپوگرافی).



شکل (۴-۱۷ ج): مقطع ژئوالکتریک حاصل از مدلسازی معکوس باریذیری ظاهری پروفیل ۲۵ غربی با استفاده از نرم افزار RES2DINV (همراه با نمایش توپوگرافی).

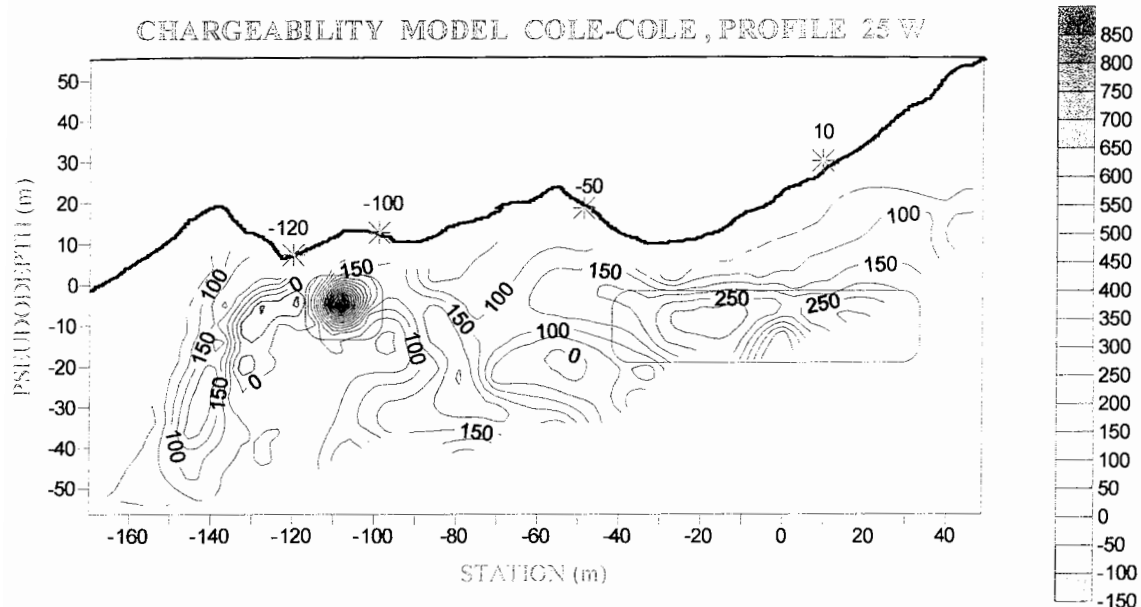


شکل (۴-۱۷ د): شبه مقطع باریذیری پروفیل ۲۵ غربی پس از تصحیح موقعیت.

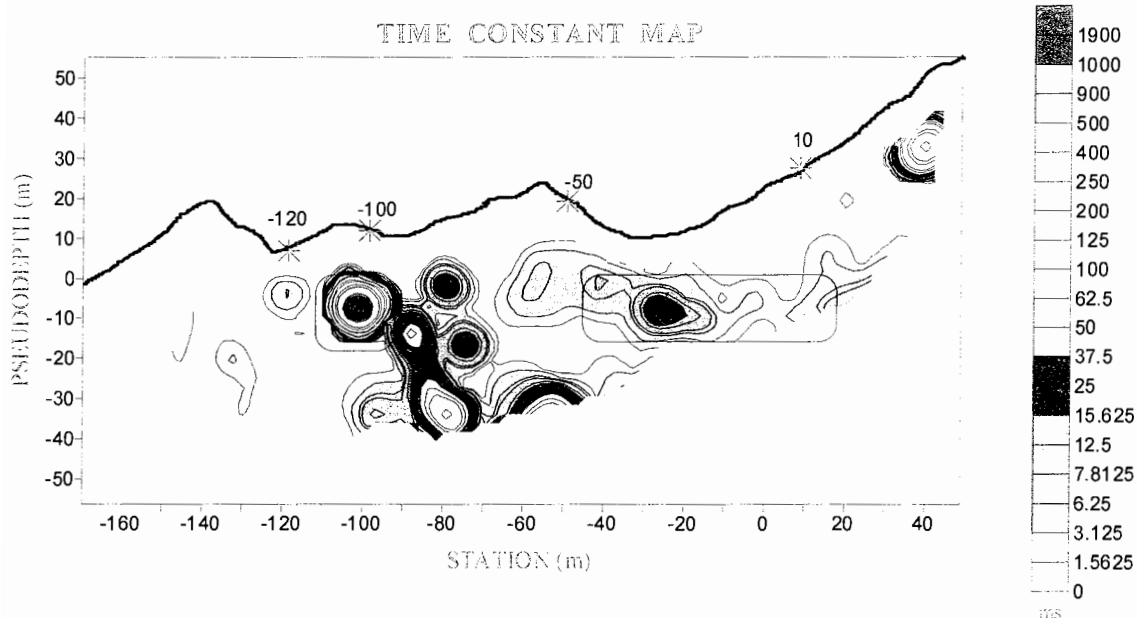


شکل (۴-۱۷-۵): شبه مقطع مقاومت ویژه ظاهری پروفیل ۲۵ غربی پس از تصحیح موقعیت.

در شکل‌های (۴-۱۷-ب) و (۴-۱۷-ج) شاهد یک آنومالی آشکار در زیر ایستگاه‌های ۱۰ و ۵۰- در عمق تقریبی ۱۰ الی ۱۵ متری از سطح زمین هستیم بطوری که هر جا بارپذیری بالاست مقدار مقاومت ویژه ظاهری پایین است. در شبه مقطع‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار یک آنومالی مجزا در زیر ایستگاه‌های ۱۰۰- و ۱۲۰- دیده می‌شود، که در شکل (۴-۱۷-د) به صورت یک رگه دیده می‌شود. آنومالی که در زیر ایستگاه‌های ۱۰ تا ۵۰- قرار دارد یک آنومالی عمقی است چرا که در شکل (۴-۵) نیز شاهد می‌باشیم به همین دلیل آنومالی قرار گرفته در زیر ایستگاه‌های ۱۰۰- تا ۱۲۰- می‌تواند یک آنومالی سطحی است. در شبه مقطع بارپذیری مدل کل-کل (شکل زیر) آنومالی‌های پروفیل، تطابق بهتری با مدل بدست آمده با نرم‌افزار دارند.



شکل (۴-۱۷-و): شبه مقطع بارپذیری مدل کل-کل پروفیل ۲۵ غربی پس از تصحیح موقعیت.



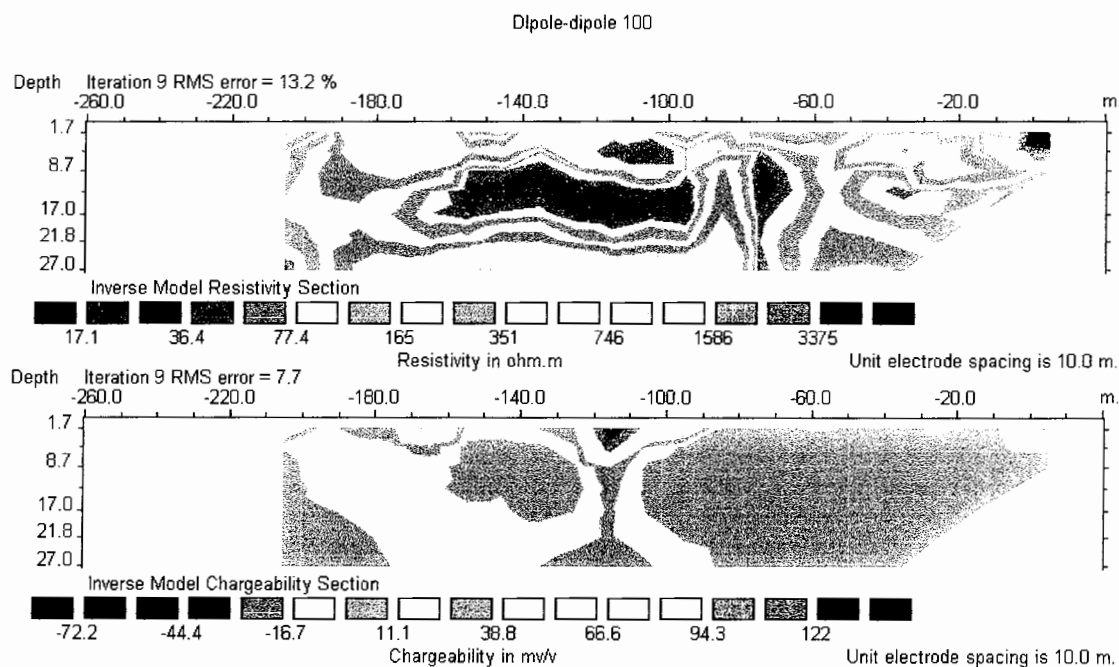
شکل (۴-۱۷-ز): شبه مقطع ثابت زمان ظاهری پروفیل ۲۵ غربی پس از تصحیح موقعیت.

در شبه مقطع بارپذیری مدل کل-کل (شکل ۴-۱۷-و)، شاهد تمرکز بالای کانی‌سازی در زیر ایستگاههای ۱۰۰- و ۱۲۰- هستیم. همچنین در شبه مقطع ثابت زمان ظاهری می‌توانیم اندازه ذرات کانی‌سازی را بفهمیم. همانطور که دیده می‌شود اندازه ذرات کانی‌سازی در زیر ایستگاههای ۱۰ و ۵۰-

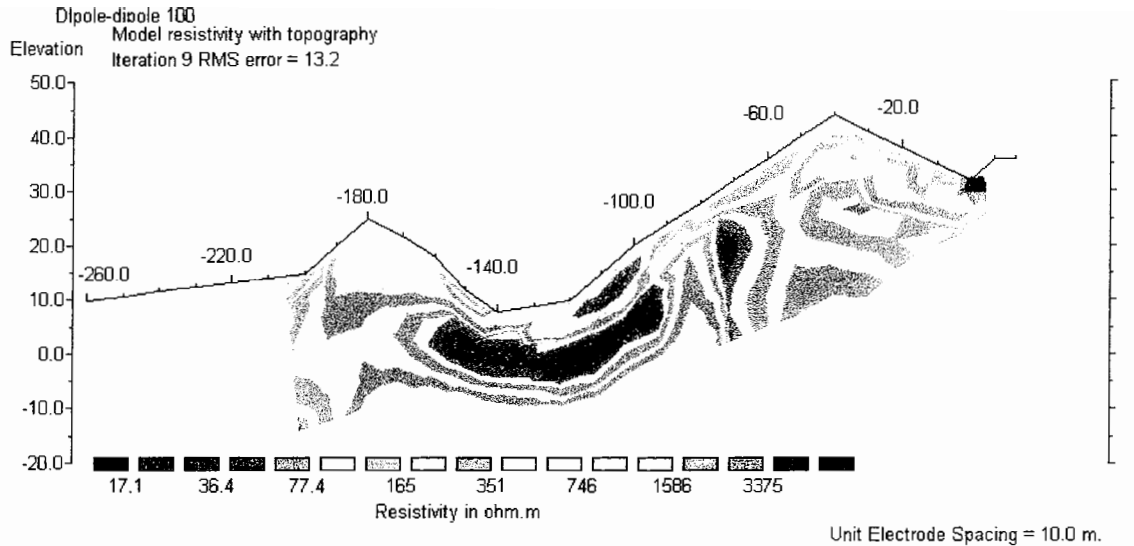
کوچک، در صورتی که اندازه ذرات کانی‌سازی در زیر ایستگاههای ۱۰۰- و ۱۲۰- به مراتب بزرگتر است.

۴-۱۰ پروفیل ۱۰۰ شرقی

پروفیل 100E از ایستگاه AB=۱۵ به اندازه a=۱۰ متر شروع شده تا ایستگاه AB=-۱۴۵ ادامه یافته است. براساس نتایج گفته شده برای عمق تجسس ظاهری در روش آرایه دوقطبی-دوقطبی، عمق نسبت داده شده در این حالت برای آخرین n یعنی ۱۰، برابر با ۵۵- متر از سطح زمین می‌باشد. در شکل‌های (۴-۱۸-الف) تا (۴-۱۸-ز) مقاطع و شبه مقاطع بارپذیری و مقاومت‌ویژه ظاهری پلاریزاسیون القایی و ثابت زمان ظاهری و بارپذیری کل-کل پس از اعمال تصحیح توپوگرافی و تصحیح موقعیت به تصویر کشیده شده است.

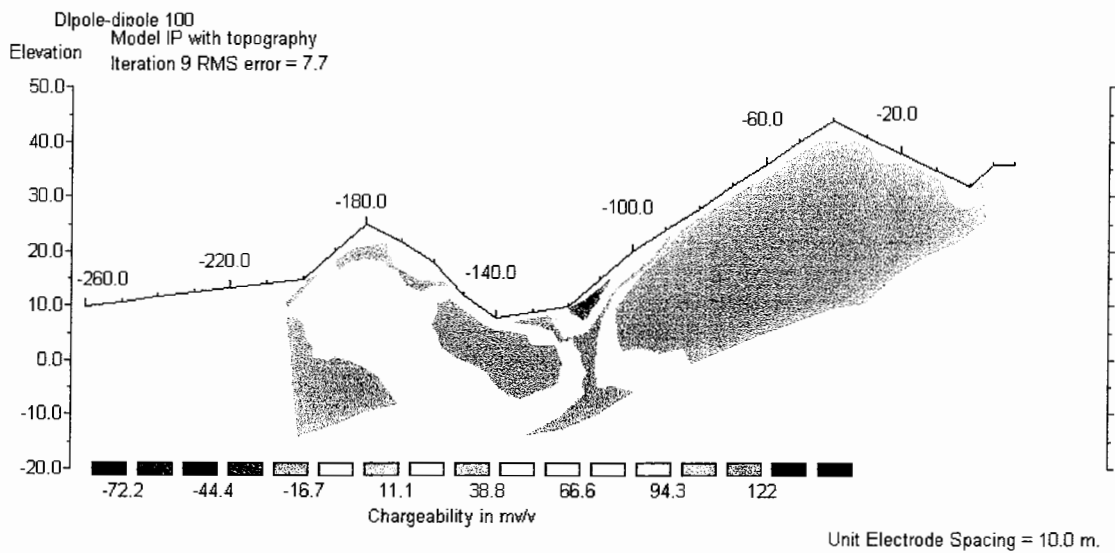


شکل (۴-۱۸-الف): مقاطع ژئوالکتریک حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت‌ویژه و بارپذیری ظاهری پروفیل ۱۰۰ شرقی با استفاده از نرم افزار RES 2DINV (بدون نمایش توپوگرافی).



Horizontal scale is 25.68 pixels per unit spacing
 Vertical exaggeration in model section display = 1.50
 First electrode is located at -260.0 m.
 Last electrode is located at 20.0 m.

شکل (۴-۱۸-ب): مقاطع ژئوالکتریک حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت ویژه ظاهری پروفیل ۱۰۰ شرقی با استفاده از نرم افزار RES2DINV (همراه با نمایش توپوگرافی).

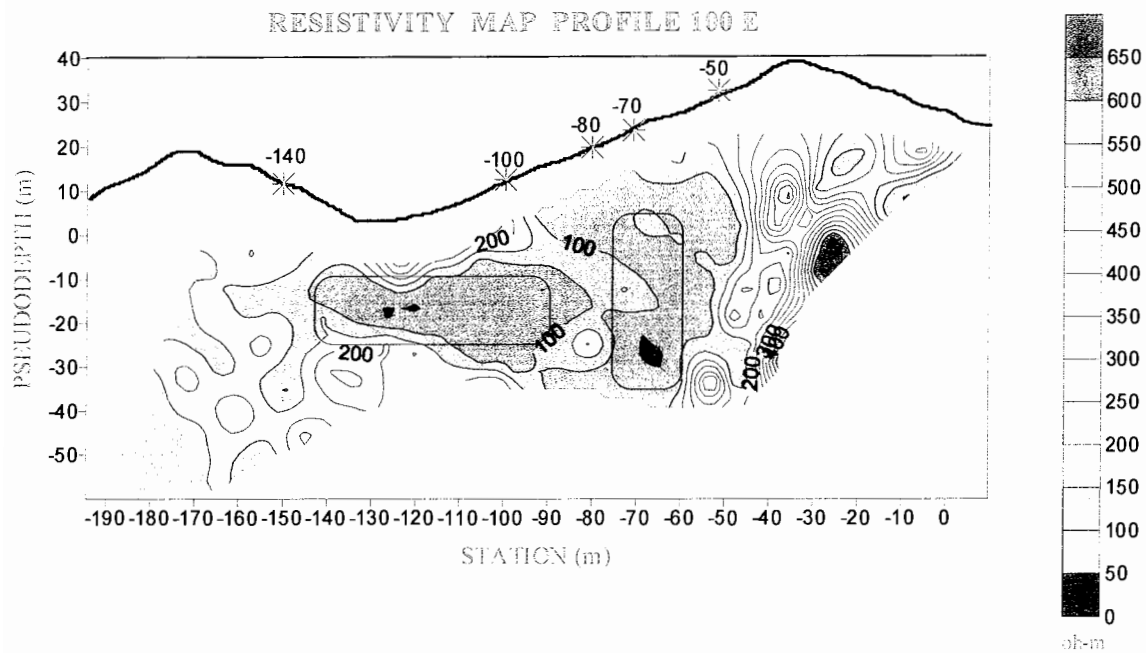


Horizontal scale is 25.68 pixels per unit spacing
 Vertical exaggeration in model section display = 1.50
 First electrode is located at -260.0 m.
 Last electrode is located at 20.0 m.

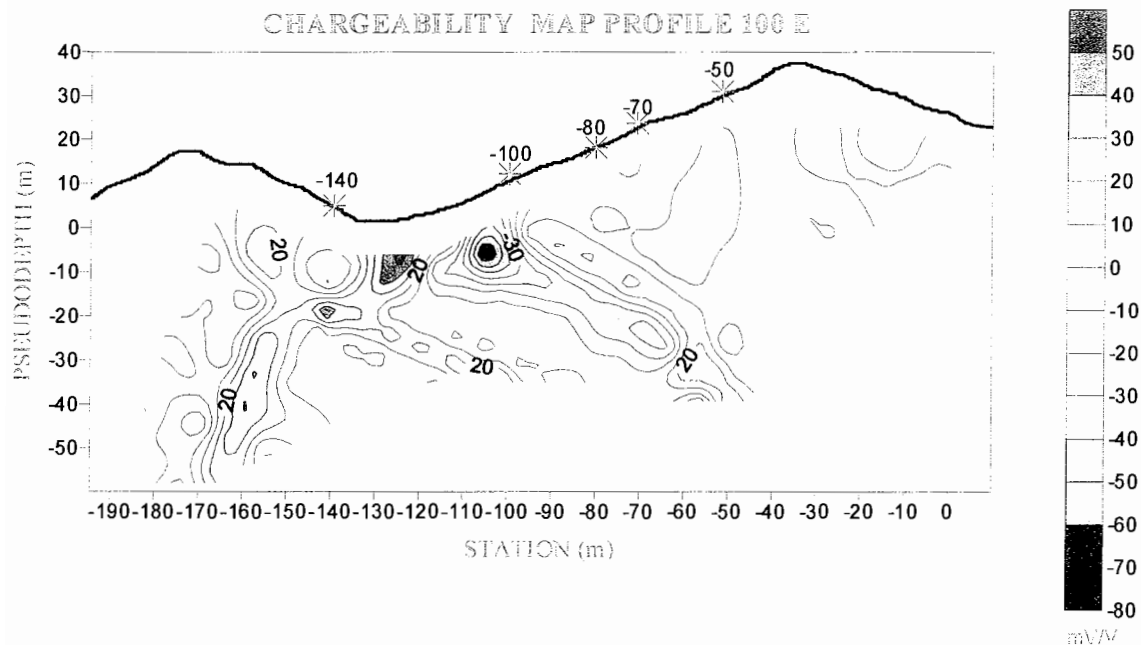
شکل (۴-۱۸-ج): مقاطع ژئوالکتریک حاصل از مدلسازی معکوس بارپذیری ظاهری پروفیل ۱۰۰ شرقی با استفاده از نرم افزار RES2DINV. (همراه با نمایش توپوگرافی).

آنومالی که در زیر ایستگاه ۱۱۰- تا ۱۲۰- شکل (۴-۱۸-ج) قرار دارد یک آنومالی عمق است که تا سطح زمین ادامه دارد این مورد را نیز می توان با شکل (۴-۵) نیز بررسی کرد. اگر به نقشه

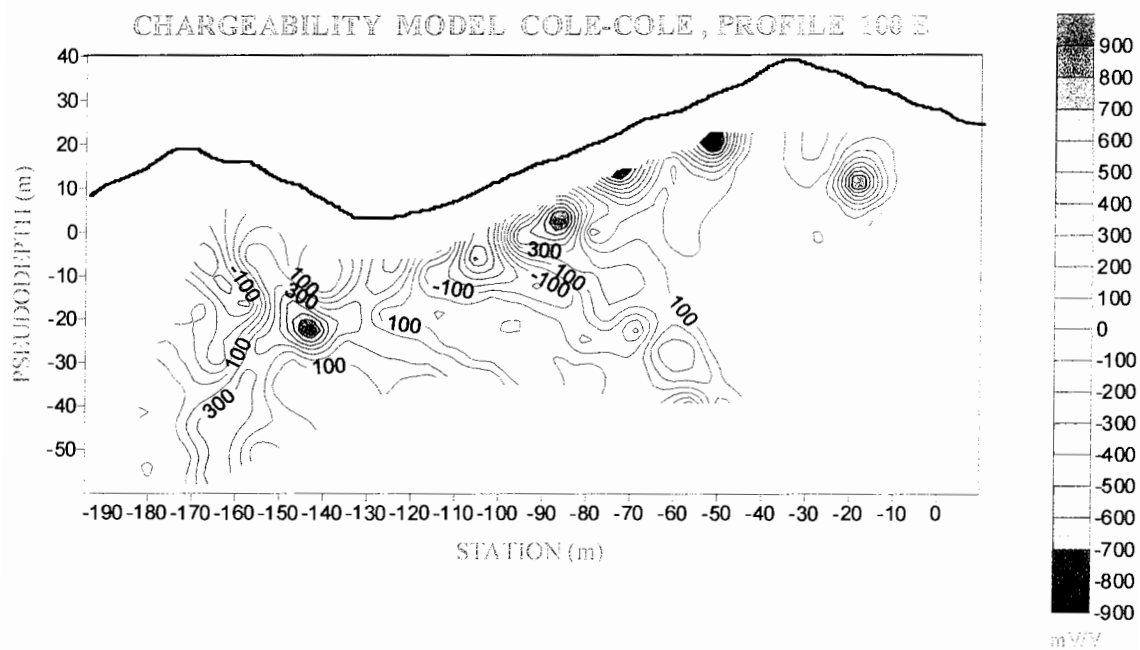
زمین‌شناسی منطقه شکل (۲-۴) مراجعه شود در محل ایستگاه‌های ۱۱۰- تا ۱۲۰- شاهد تقاطع گسلی با پروفیل ۱۰۰ شرقی هستیم که این موضوع اثرش را به صورت یک آنومالی شبیه دایک در شکل (۴-۱۸-ج) نشان داده است.



شکل (۴-۱۸-د): شبه مقطع مقاومت‌ویژه پروفیل ۱۰۰ شرقی پس از تصحیح موقعیت.

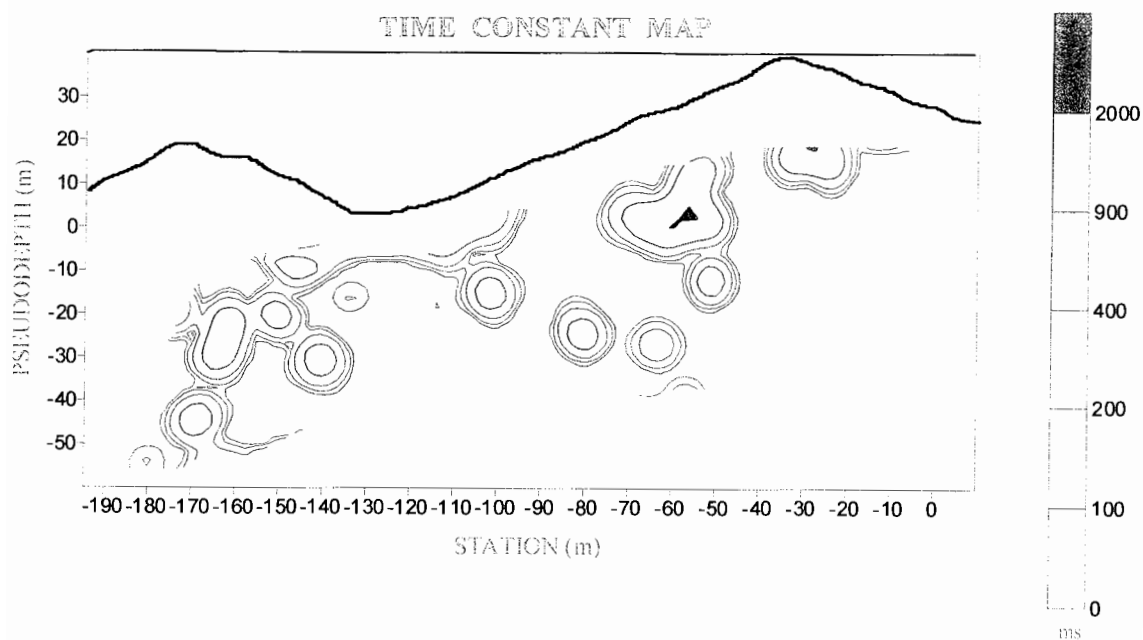


شکل (۴-۱۸-ه): شبه مقطع بارپذیری پروفیل ۱۰۰ شرقی پس از تصحیح موقعیت.



شکل (۴-۱۸-و): شبه مقطع بارپذیری مدل کل-کل پروفیل ۱۰۰ شرقی پس از تصحیح موقعیت.

تفاوت بین شبه مقطع بارپذیری مدل کل-کل (شکل ۴-۱۸-و) با شکل (۴-۱۸-ه) در محدوده تغییرات بارپذیری و دقیق بودن شکل (۴-۱۸-و) می باشد.

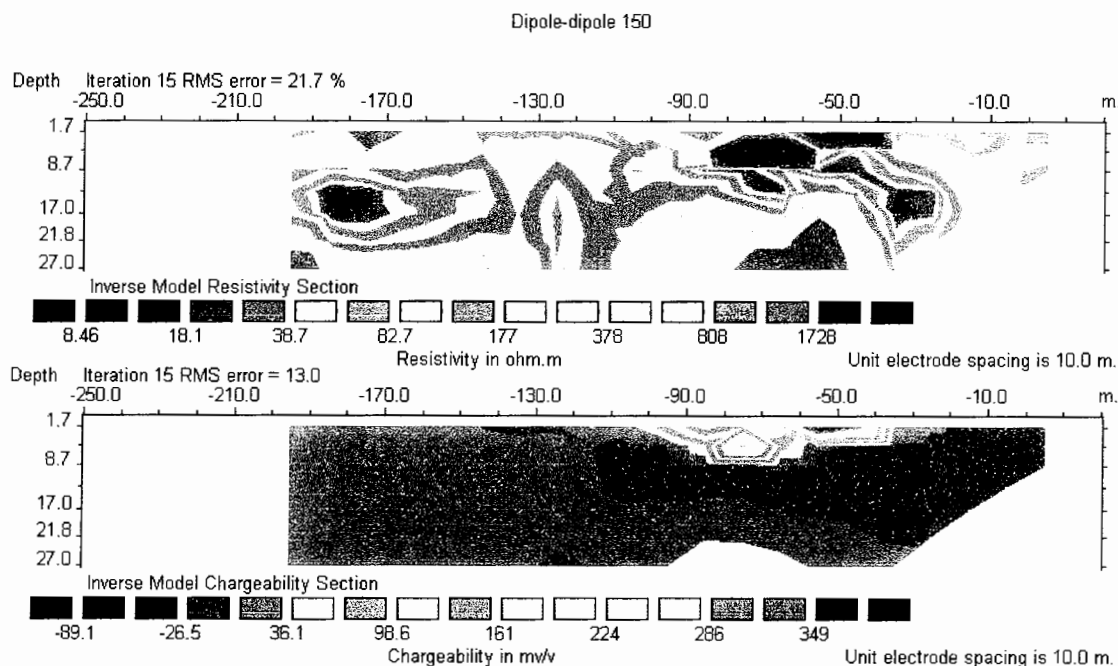


شکل (۴-۱۸-ز): شبه مقطع ثابت زمان ظاهری مدل کل-کل پروفیل ۱۰۰ شرقی پس از تصحیح موقعیت.

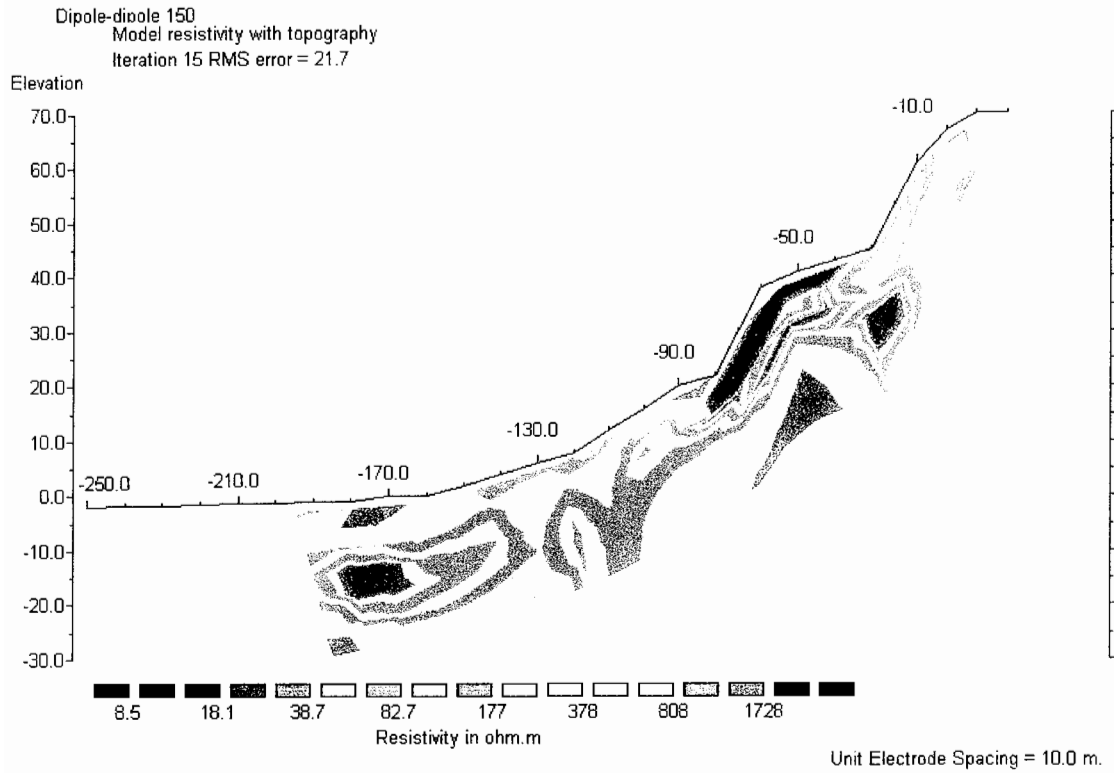
همانطور که در شبه مقاطع دیده می‌شود، شاهد همخوانی خوبی بین شبه مقاطع حاصل از نرم‌افزار با شبه مقاطع حاصل از رویه تصحیح موقعیت نیستیم. شاید این موضوع به دلیل یک عارضه زمین‌شناسی به مانند گسل یا دایک باشد. در شبه مقطع مدلسازی معکوس بارپذیری پلاریزاسیون القایی (شکل ۴-۱۸-ج)، احتمال وجود گسل در ما بین ایستگاههای ۱۱۰- و ۱۲۰- می‌رود. اگر به نقشه زمین‌شناسی ۱/۵۰۰۰ منطقه مراجعه شود (شکل ۴-۲) این احتمال به یقین تبدیل می‌شود، چرا که شاهد تقاطع یک خط گسل با پروفیل ۱۰۰ شرقی هستیم که خط پروفیلی را در ایستگاههای ۱۲۰- تا ۱۳۰- قطع می‌کند.

۴-۱۱ پروفیل ۱۵۰ شرقی

پروفیل E ۱۵۰ از ایستگاه AB=۱۵ به اندازه a=۱۰ متر شروع شده تا ایستگاه AB=-۱۳۵ ادامه یافته است. براساس نتایج گفته شده برای عمق تجسس در روش آرایه دوقطبی-دوقطبی، عمق نسبت داده شده در این حالت برای آخرین n یعنی ۱۰، برابر با ۵۵- متر از سطح زمین می‌باشد. مقاطع و شبه مقاطع پروفیل ۱۵۰ شرقی در شکل‌های (۴-۱۹-الف) تا (۴-۱۹-ز) نشان داده شده است.

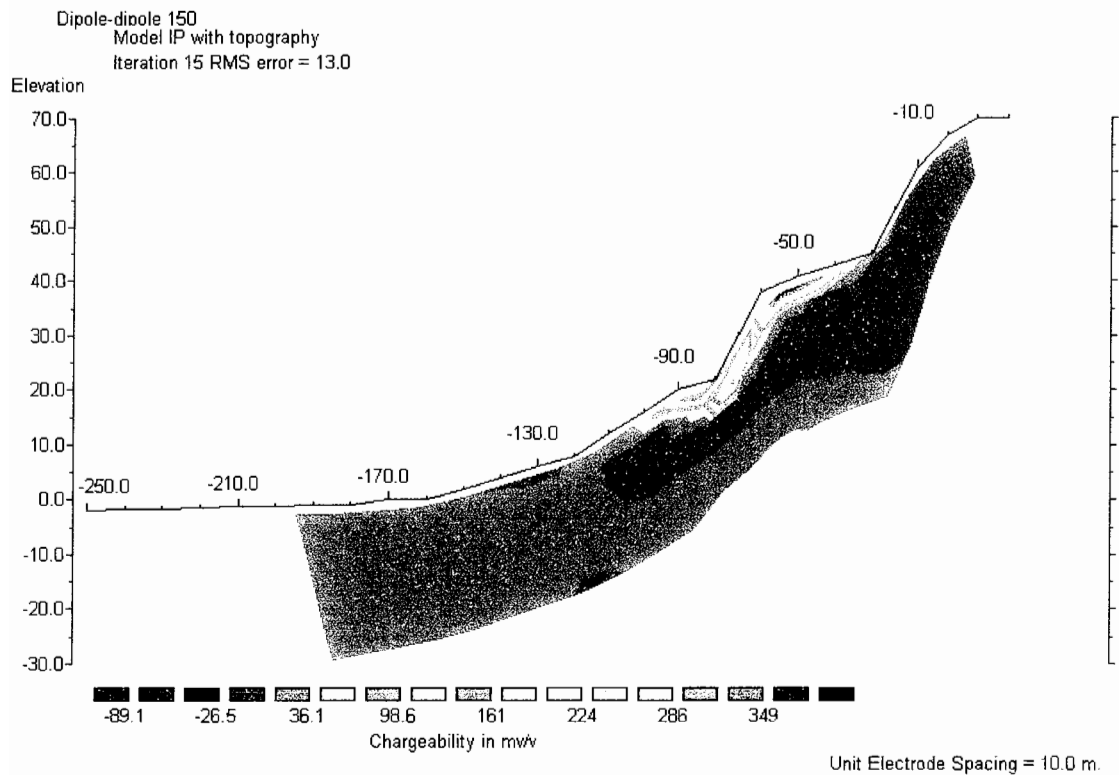


شکل (۴-۱۹-الف): مقاطع ژئوالکتریک حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت‌ویژه و بارپذیری ظاهری پروفیل ۱۵۰ شرقی با استفاده از نرم‌افزار RES 2DINV بدون نمایش توپوگرافی.



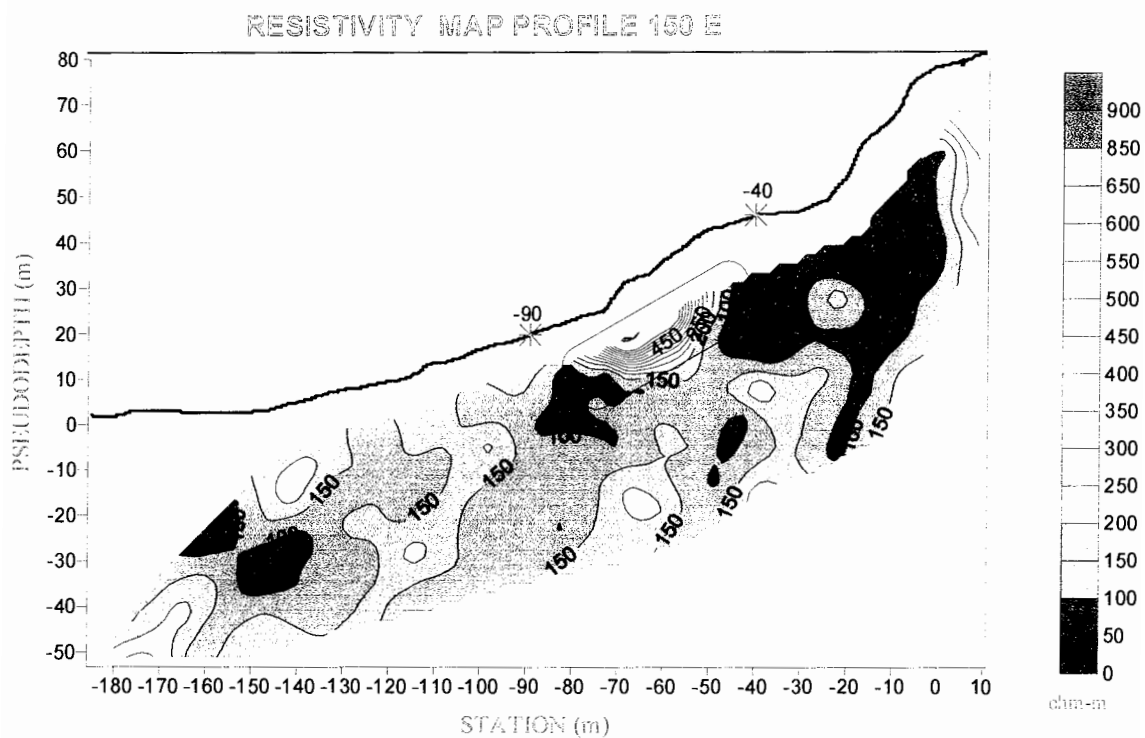
Horizontal scale is 26.63 pixels per unit spacing

شکل (۴-۱۹ب): مقاطع ژئوالکتریک حاصل از مدلسازی معکوس مقاومت ویژه ظاهری پروفیل ۱۵۰ شرقی با استفاده از نرم افزار RES2DINV (همراه با نمایش توپوگرافی).

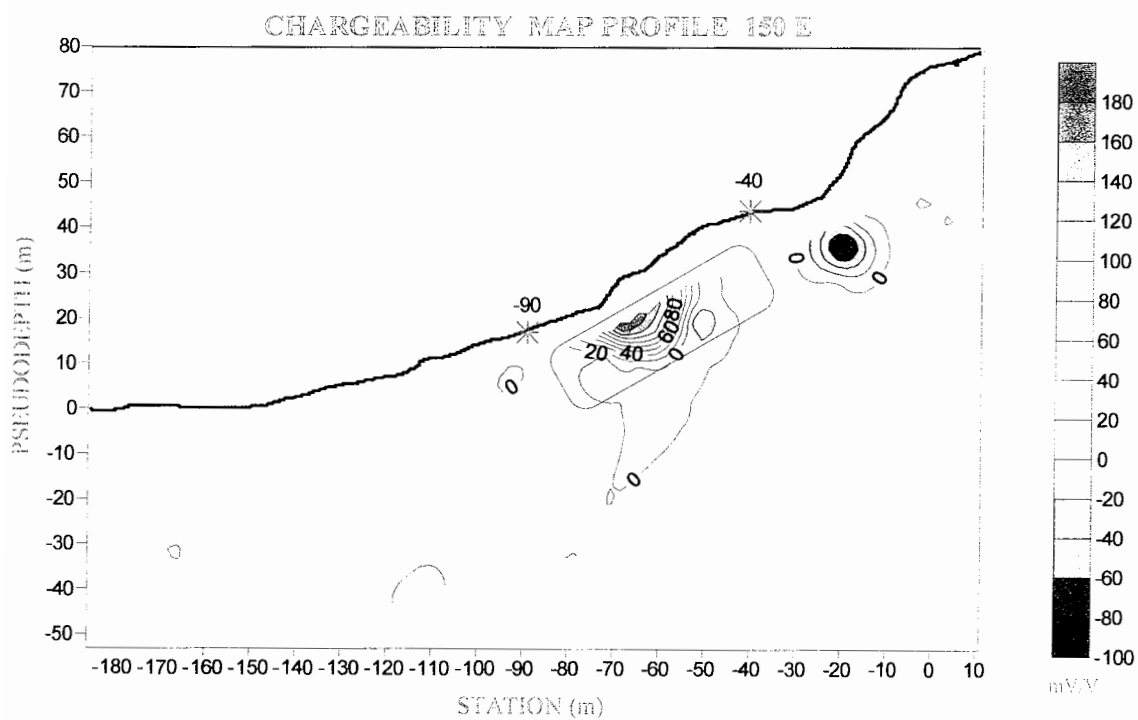


Horizontal scale is 26.63 pixels per unit spacing

شکل (۴-۱۹ج): مقاطع ژئوالکتریک حاصل از مدلسازی معکوس بارپذیری ظاهری پروفیل ۱۵۰ شرقی با استفاده از نرم افزار RES2DINV (همراه با نمایش توپوگرافی).

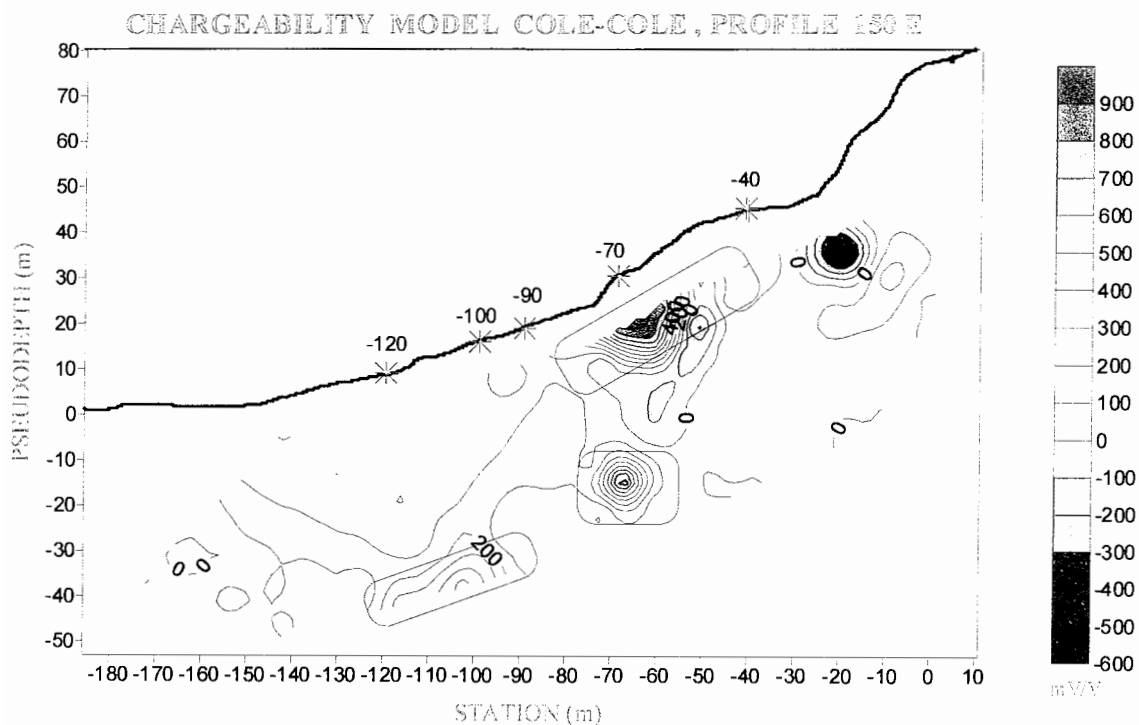


شکل (۴-۱۹-۵): شبه مقطع مقاومت ویژه پروفیل ۱۵۰ شرقی پس از تصحیح موقعیت.

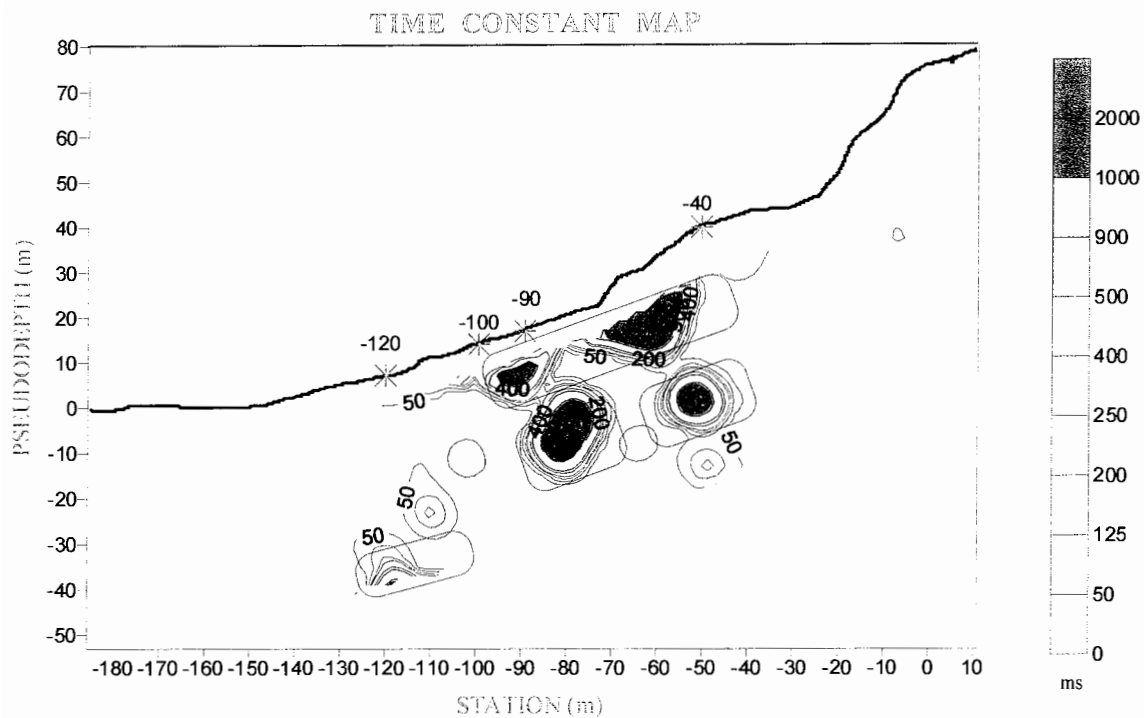


شکل (۴-۱۹-۵): شبه مقطع بارپذیری پروفیل ۱۵۰ شرقی پس از تصحیح موقعیت.

محدوده آنومالی در شکل‌های (۴-۱۹-۵) و (۴-۱۹-۶) با شبه مقطعی که با استفاده از نرم‌افزار بدست آمده همخوانی خوبی دارد بطوری که در تمامی این شبه مقاطع شاهد یک آنومالی سطحی در زیر ایستگاههای ۴۰- تا ۹۰- می‌باشیم (هرجا که مقدار بارپذیری بالاست، مقدار مقاومت ویژه پایین است).



شکل (۴-۱۹-۶): شبه مقطع بارپذیری مدل کل-کل پروفیل ۱۵۰ شرقی پس از تصحیح موقعیت.



شکل (۴-۱۹-ز): شبه مقطع ثابت زمان ظاهری پروفیل ۱۵۰ شرقی پس از تصحیح موقعیت.

در شبه مقطع بارپذیری مدل کل-کل شاهد دو آنومالی جدیدتر، یکی در زیر ایستگاه ۷۰- و دیگری در ما بین ایستگاههای ۱۰۰- تا ۱۲۰- می‌باشیم. این دو آنومالی جدید با کمی تغییر و جابجایی در شبه مقطع ثابت زمانی نیز قابل مشاهده است. آنومالیی که در شبه مقطع بارپذیری مدل کل-کل در ما بین ایستگاههای ۱۰۰- تا ۱۲۰- دیده می‌شد اکنون در شبه مقطع ثابت زمان ظاهری با کمی جابجایی در ما بین ایستگاههای ۱۱۰- تا ۱۳۰- دیده می‌شود و آنومالیی که در شبه مقطع بارپذیری مدل کل-کل در زیر ایستگاه ۷۰- دیده می‌شد در شبه مقطع ثابت زمان ظاهری، یا ممکن است در اثر برهم‌کنش دو آنومالی در زیر ایستگاههای ۵۰- و ۸۰- باشد یا در اثر آنومالی در زیر ایستگاه ۸۰- در اثر جابجایی باشد.

فصل پنجم: نتایج و پیشنهادات

۱-۵ نتایج

پلاریزاسیون القایی طیفی منتج از پلاریزاسیون القایی است و در دو حوزه زمان و فرکانس مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حوزه فرکانس، در فرکانسهای مختلف زاویه فاز و در حوزه زمان افت منحنی واپاشی ولتاژ بعد از قطع جریان اندازه‌گیری می‌شود. در هر دو حوزه با استفاده از یک سری روابط ریاضی، سه پارامتر ثابت زمان ظاهری (τ)، وابسته فرکانسی ظاهری (c) و بارپذیری ظاهری (m) به دست می‌آید. این سه پارامتر منعکس کننده مشخصه‌های چشمه‌های IP هستند. می‌توان نتایج زیر را از بررسیهای انجام شده در این تحقیق بدست آورد:

- (۱) با استفاده از بارپذیری مدل کل-کل می‌توانیم محل تمرکز کانی‌سازی را خیلی دقیقتر از بارپذیری پلاریزاسیون القایی بیان کنیم.
- (۲) محدوده تغییرات بارپذیری مدل کل-کل خیلی بیشتر از بارپذیری پلاریزاسیون القایی است و این خصلت باعث تفکیک پذیری بهتر محدوده آنومالی از محیط می‌شود.
- (۳) شبه مقطع بارپذیری مدل کل-کل تا حدود زیادی انطباق بهتری با شبه مقطع بارپذیری پلاریزاسیون القایی حاصل از نرم افزار RES2DINV دارد.
- (۴) با استفاده از شبه مقطع ثابت زمانی می‌توانیم پی به اندازه ذرات کانی‌سازی ببریم و این موضوع سبب ارزیابی بهتر ذخیره معدنی می‌شود.
- (۵) در رویه تفسیر کیفی، شبه مقطع ثابت زمان ظاهری و شبه مقطع بارپذیری مدل کل-کل تقریباً مکمل همدیگر هستند. بدین معنی که در جاهایی که شاهد تمرکز کانی‌سازی در شبه

مقطع بارپذیری مدل کل-کل هستیم در همان جاها نیز می توان انتظار آنومالی هایی به سبب اندازه این ذرات داشته باشیم.

۶) تصحیح موقعیت اگر چه به دقت تصحیح توپوگرافی نمی رسد اما در شرایطی که دسترسی به نرم افزار وجود ندارد می توان از آن استفاده کرد.

۲-۵ پیشنهادات

۱) در کشور ما جهت تفسیر نتایج برداشتهای پلاریزاسیون القایی کمتر از پارامترهای پلاریزاسیون القایی طیفی در اکتشاف ذخایر کانی یا مواد معدنی پراکنده استفاده می شود. با توجه به اهمیت و دقت این پارامترها در ارزیابی بافت و اندازه ذرات ماده معدنی در این ذخایر ضروری است از پارامترهای پلاریزاسیون القایی طیفی در تفسیر نتایج مورد نظر نیز استفاده گردد.

۲) در مورد حذف نویز جفت شدگی الکترومغناطیسی سعی شود به جای حذف پنجره های اولیه، و همچنین در مورد تصحیح اثرات پلاریزه شونده گی محیط میزبان از یک رویه معکوس سازی برای از بین بردن جفت شدگی الکترومغناطیسی و پلاریزه شونده گی محیط میزبان استفاده شود. برای این منظور تئوری مدل ریاضی برای معکوس سازی می تواند بصورت زیر تعدیل یابد.

$$\rho_a(i\omega) = \rho_{a0} \left\{ 1 - m_1 \left[1 - \frac{1}{1 + (i\omega\tau_1)^{c_1}} \right] \right\}^{1-\beta_2} \left\{ 1 - m_a^0 \left[1 - \frac{1}{1 + (i\omega\tau_a^0)^{c_a}} \right] \right\} \left\{ 1 - m_{EM} \left[1 - \frac{1}{1 + (i\omega\tau_{EM})^{c_{EM}}} \right] \right\}$$

معادله بالا شامل سه مدل کل-کل است. اولین مدل اثر میزبان پلاریزه شونده را معرفی می کند ($\beta_1 = 1 - \beta_2$) فاکتور رقیق سازی محیط میزبان است. دومین مدل اثر پلاریزاسیون القایی ظاهری توده پلاریزه شونده بعد از تصحیحات زمینه است. و سومین مدل اثر جفت شدگی الکترومغناطیسی را معرفی می کند. عبارتی که در بالا بیان شد شبیه به الگوریتمی است که برای حذف اثرات زمینه و حصول پارامترهای طیف ظاهری مورد استفاده قرار می گیرد [۵].

۳) تصحیح موقعیت در مورد شبه مقطع ثابت زمان ظاهری و بارپذیری مدل کل-کل در حالتی که منطقه دارای توپوگرافی شدید می باشد جوابهای چندان دقیقی نمی دهند. لذا لازم است مطالعاتی جهت تصحیح توپوگرافی برای رسیدن به جوابی دقیق تر و روشهای تصحیح توپوگرافی مناسب در مورد پارامترهای کل-کل صورت بگیرد.

منابع و مراجع

[۱] نوروزی، غ.، ۱۳۷۰، ژئوفیزیک کاربردی، جزوهٔ درسی، جلد دوم، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه تهران.

[۲] کریم‌پور، م.ح.، ۱۳۷۴، زمین‌شناسی اقتصادی، چاپ اول، انتشارات صالح، نشر مشهد، ص ۱۸۷-۱۹۶.

[۳] عرب‌امیری، ع.، ۱۳۷۹، مدلسازی معکوس داده‌های پلاریزاسیون القایی و مقاومت‌ویژه و تعیین پارامترهای پلاریزاسیون القایی طیفی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان.

[۴] منظمی، م.، ۱۳۸۱، گزارش زمین‌شناسی اقتصادی منطقه معدنی احمدآباد، شرکت پارس پی آزما.

[۵] Luo, Y., Zhang, G., 1998, *Theory and application of Spectral Induced Polarization*, Geophysical monograph series, No. 8, Society of Exploration Geophysicists publication, pp 1-11.

[۶] Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., 1990, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, pp 578-609.

[۷] Reynolds, J.M., 1997, *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, John Wiley & Sons, pp 522-585.

[۸] Seigel, H.O., Vanhala, H., Sheard, S.N., 1997, *Some case histories of source discrimination using time-domain spectral IP*, Vol. 62, No. 5, Society of Exploration Geophysicists, pp 1394-1408,

[۹] Johnson, M., 1984, *Spectral induced polarization parameters as determined through time-domain measurements*, Vol. 49, No. 11, Society of Exploration Geophysicists (SEG), pp 1993-2003.

- [10] Tombs, J.M.C., 1981, *The feasibility of making spectral IP measurements in the time domain*, Vol. 19, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, pp 91-102.
- [11] Vanhala, H., Peltoniemi, M., 1992, *Spectral IP studies of Finnish ore prospects*, Vol. 57, No. 12, Society of Exploration Geophysicists(SEG), pp 1545-1555.
- [12] Pelton, W.H., Ward, S.H., Hallof, P.G., Sill, W.R., Nelson, P.H., 1978, *Mineral discrimination and removal of inductive coupling with multifrequency IP*, Vol. 13, No. 3, Society of Exploration Geophysicists(SEG), pp 588-609.
- [13] Glasston, S., 1947, *An introduction to electrochemistry* (Chinese edition published by China Academic Publishers, 1959).
- [14] Luo, Y., 1982, *Induced polarization mechanism for rocks and ores* (in Chinese), in Fu Liangkui (Ed.), *Induced polarization method*: Geological Publication House, Beijing, pp 13-18.
- [15] Wait, J.R., 1982, *Geo-electromagnetism*, Academic press Inc., pp 14-23.
- [16] Wait, J.R., 1984, *Electromagnetic response of a discretely grounded structure*, Vol. 49, Society of Exploration Geophysicists, pp 577-580.
- [17] Wong, J.H., 1979, *An electrochemical model of the IP phenomenon in disseminated sulfide ores*, Vol. 44, Society of Exploration Geophysicists(SEG), pp 1245-1265.
- [18] Scintrex Limited, 1993, *Operator manual OF IPR-12 time domain IP/resistivity receiver*.
- [19] Scintrex Limited, 1985, *Operator Manual of IPR-10 time domain IP/resistivity receiver*.
- [20] Loke, M.H., 1997, *Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies*.
- [21] Edwards, I.S., 1977, *A modified pseudosection for resistivity and induced-polarization*, Vol. 42, Society of Exploration Geophysicists(SEG), pp 1020-1036.

پیوست الف : معرفی پارامترهای اندازه‌گیری و پنجره‌های زمانی

EXAMPLE OF A DATA DUMP

Job #: 1 Date: 9/1/05/14
 Operator: R. MILLER SERIAL #: 002
 P-Line: 1200E Units: Metre
 Array: Dipole-Dipole Mx From:670ms to 850ms

Station	P1 C-Line	P2 CF	P3 C2	P4 Curr.	P5 S.D.	P6 Timing	P7 Time	P8 K-Fact.	P9 Rho
Dt:	MP	SP	Mx	M4	M5	M6	M7 : M ⁰	M ¹	Rho
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7 : M ⁰	M ¹	Rho
	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14: RMS	RMS	#WT
275N	275N	287.5N	300N	312.5N	325N	337.5N	350N	362.5N	375N
1200E	1200E	250N	512.5N	205	2		13:37:41:		
2248.69	-6	13.11	0.02	11.0			17:	235.6	2585
	23.55	19.86	16.65	13.80	11.38	9.31	7.57	0.850	11
	328.29	-12	15.85	0.04	16.2		17:	942.5	3898
	26.08	23.78	20.37	16.66	13.79	11.32	9.25:	0.762	11
	337.80	-5	21.59	0.07	14.0		17:	2356.2	3802
	37.81	32.01	27.07	22.67	18.85	15.55	12.77:	0.730	11
	128.60	3	18.84	0.36	18.7		17:	4712.4	2956
	32.37	27.69	23.52	19.76	16.49	13.65	11.23:	0.545	11
	56.31	1	19.48	0.82	24.7		17:	8246.7	2267
	43.09	28.39	24.18	20.41	17.09	14.24	11.79:	0.781	11
	35.42	-20	24.16	0.41	12.4		17:	13194.7	2290
	41.58	35.53	31.14	25.33	21.12	17.51	14.44:	0.725	11
	78.73	-26	31.19	0.60	8.2		17:	19782.4	2777
	57.14	44.50	37.72	31.68	26.38	21.87	18.05:	0.982	11
	14.00	47	37.61	1.02	3.8		17:	28274.3	1846
	62.71	54.14	46.19	39.04	32.75	27.40	22.81:	0.811	11

Note: P= ABOUT 100M FROM POWER LINE

Note: The maximum value of Rho is 9999999. If the Rho is larger than the maximum, it is clipped to 9999999.

✓ اندازه‌گیری مقاومت الکتروود (Res.)

مقاومت الکتروودی بصورت پی‌درپی در یک رویه تکراری برای هر دو قطبی اندازه‌گیری می‌شود. این نتایج، مقادیر مقاومت حقیقی هستند که برای هر دو قطبی مطرح می‌شود. این داده‌ها متوسط‌گیری نمی‌شوند و از این‌رو مقادیر در نظر گرفته شده برای آنها دائماً در حال تغییر است. مقدار

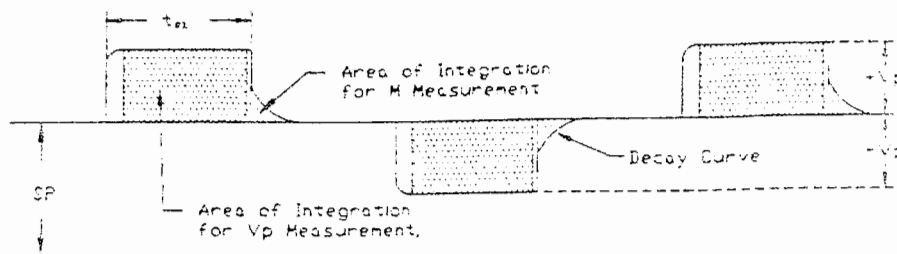
نهایی قبل از فشار کلید Start نگه‌داشته شده و همراه با دیگر متغیرها در حافظه ثبت می‌شوند. جریانی که برای این اندازه‌گیری بکار می‌رود یک سیگنال AC به فرم موج مربعی با فرکانس ۱۰Hz است. این جریانه‌ها توسط الکترودهای غیر پلاریزه به زمین تزریق می‌شوند.

✓ زمان آغاز قرائت و تکرار اندازه‌گیری در چرخه IP (Time, Dur.)

پارامتر زمان معرف روزی است که اندازه‌گیری IP صورت می‌گیرد. تکرار (Duration)، در تکرار چرخه IP حد وسط بعضی از پارامترها مشخص می‌شود.

✓ اندازه‌گیری پتانسیل خودزا (SP)

پتانسیل خودزایی که در شکل (الف-۱) نشان داده شده است در واقع شامل SP واقعی و ولتاژ DC به سبب پلاریزاسیون الکترودها می‌باشد.



شکل (الف-۱): شکل موج نهایی که IPR-۱۲ برای محاسبات استفاده می‌کند [۱۸].

✓ اندازه‌گیری ولتاژ اولیه (V_p)

به علت بارپذیری زیاد توده کانی یا بی‌ثباتی فرستنده یا وجود نویز که باعث تغییر شکل پالس اولیه می‌شود ولتاژ اولیه در محدوده زمانی بین ۱۰٪ و ۸۰٪ جریان، انتگرال‌گیری می‌شود (شکل ۲-۳). V_p بطور پیوسته به منظور بالارفتن کیفیت سیگنال متوسط‌گیری می‌شود.

✓ پنجره‌های زمانی ($M_1, \dots, M_{13}, M_{14}$)

قسمت قسمت کردن زمان قطع جریان (زمان میرایی) به چندین پنجره زمانی، باعث حل بهتر منحنی میرایی می‌شود. پهنای این پنجره‌ها طوری انتخاب شده است که پنجره‌های نخستین کمترین پهنای و بطرف انتهای میرایی، پهنای پنجره‌ها بیشتر می‌شود. جداول موجود در پیوست الف تقسیم‌بندی منحنی میرایی به چندین پنجره زمانی بر اساس زمان قطع جریان ($1s, 2s, 4s, 8s, 16s, 32s$) را نشان می‌دهد.

جدول (الف-۱): زمان دریافت = ۱ ثانیه [۱۸].

شماره پنجره	پهنای پنجره (ms)	زمان شروع (ms)	مرکز پنجره (ms)	زمان پایان (ms)
۵	۲۰	۳۵	۴۵	۵۵
۶	۲۰	۵۵	۶۵	۷۵
۷	۴۰	۷۵	۹۵	۱۱۵
۸	۴۰	۱۱۵	۱۳۵	۱۵۵
۹	۷۰	۱۵۵	۱۹۰	۲۲۵
۱۰	۷۰	۲۲۵	۲۶۰	۲۹۵
۱۱	۱۱۰	۲۹۵	۳۵۰	۴۰۵
۱۲	۱۲۰	۴۰۵	۴۶۵	۵۲۵
۱۳	۱۸۰	۵۲۵	۶۱۵	۷۰۵
۱۴	۱۸۰	۷۰۵	۷۹۵	۸۸۵

جدول (الف-۲): زمان دریافت = ۲ ثانیه [۱۸].

شماره پنجره	پهنای پنجره (ms)	زمان شروع (ms)	مرکز پنجره (ms)	زمان پایان (ms)
۴	۲۰	۵۰	۶۰	۷۰
۵	۴۰	۷۰	۹۰	۱۱۰
۶	۴۰	۱۱۰	۱۳۰	۱۵۰
۷	۸۰	۱۵۰	۱۹۰	۲۳۰
۸	۸۰	۲۳۰	۲۷۰	۳۱۰
۹	۱۴۰	۳۱۰	۳۸۰	۴۵۰
۱۰	۱۴۰	۴۵۰	۵۲۰	۵۹۰
۱۱	۲۳۰	۵۹۰	۷۰۵	۸۲۰
۱۲	۲۳۰	۸۲۰	۹۳۵	۱۰۵۰
۱۳	۳۶۰	۱۰۵۰	۱۲۳۰	۱۴۱۰
۱۴	۳۶۰	۱۴۱۰	۱۵۹۰	۱۷۷۰

جدول (الف-۳): زمان دریافت = ۴ ثانیه [۱۸].

شماره پنجره	پهنای پنجره (ms)	زمان شروع (ms)	مرکز پنجره (ms)	زمان پایان (ms)
۲	۲۰	۴۰	۵۰	۶۰
۳	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰
۴	۴۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۴۰
۵	۸۰	۱۴۰	۱۸۰	۲۲۰
۶	۸۰	۲۲۰	۲۶۰	۳۰۰
۷	۱۶۰	۳۰۰	۳۸۰	۴۶۰
۸	۱۶۰	۴۶۰	۵۴۰	۶۲۰
۹	۲۸۰	۶۲۰	۷۶۰	۹۰۰
۱۰	۲۸۰	۹۰۰	۱۰۴۰	۱۱۸۰
۱۱	۴۶۰	۱۱۸۰	۱۴۱۰	۱۶۴۰
۱۲	۴۶۰	۱۶۴۰	۱۸۷۰	۲۱۰۰
۱۳	۷۲۰	۲۱۰۰	۲۴۶۰	۲۸۲۰
۱۴	۷۲۰	۲۸۲۰	۳۱۸۰	۳۵۴۰

جدول (الف-۴): زمان دریافت = ۸ ثانیه [۱۸].

شماره پنجره	پهنای پنجره (ms)	زمان شروع	مرکز پنجره	زمان پایان
۱	۴۰	۴۰	۶۰	۸۰
۲	۴۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۰
۳	۸۰	۱۲۰	۱۶۰	۲۰۰
۴	۸۰	۲۰۰	۲۴۰	۲۸۰
۵	۱۶۰	۲۸۰	۳۶۰	۴۴۰
۶	۱۶۰	۴۴۰	۵۲۰	۶۰۰
۷	۳۲۰	۶۰۰	۷۶۰	۹۲۰
۸	۳۲۰	۹۲۰	۱۰۸۰	۱۲۴۰
۹	۵۶۰	۱۲۴۰	۱۵۲۰	۱۸۰۰
۱۰	۵۶۰	۱۸۰۰	۲۰۸۰	۲۳۶۰
۱۱	۹۲۰	۲۳۶۰	۲۸۲۰	۳۲۸۰
۱۲	۹۲۰	۳۲۸۰	۳۷۴۰	۴۲۰۰
۱۳	۱۴۴۰	۴۲۰۰	۴۹۲۰	۵۶۴۰
۱۴	۱۴۴۰	۵۶۴۰	۶۳۶۰	۷۰۸۰

جدول (الف-۵): زمان دریافت = ۱۶ ثانیه [۱۸].

شماره پنجره	پهنای پنجره (ms)	زمان شروع (ms)	مرکز پنجره (ms)	زمان پایان (ms)
۱	۸۰	۸۰	۱۲۰	۱۶۰
۲	۸۰	۱۶۰	۲۰۰	۲۴۰
۳	۱۶۰	۲۴۰	۳۲۰	۴۰۰
۴	۱۶۰	۴۰۰	۴۸۰	۵۶۰
۵	۳۲۰	۵۶۰	۷۲۰	۸۸۰
۶	۳۲۰	۸۸۰	۱۰۴۰	۱۲۰۰
۷	۶۴۰	۱۲۰۰	۱۵۲۰	۱۸۴۰
۸	۶۴۰	۱۸۴۰	۲۱۶۰	۲۴۸۰
۹	۱۱۲۰	۲۴۸۰	۳۰۴۰	۳۶۰۰
۱۰	۱۱۲۰	۳۶۰۰	۴۱۶۰	۴۷۲۰
۱۱	۱۸۴۰	۴۷۲۰	۵۶۴۰	۶۵۶۰
۱۲	۱۸۴۰	۶۵۶۰	۷۴۸۰	۸۴۰۰
۱۳	۲۸۸۰	۸۴۰۰	۹۸۴۰	۱۱۲۸۰
۱۴	۲۸۸۰	۱۱۲۸۰	۱۲۷۲۰	۱۴۱۶۰

جدول (الف-۶): زمان دریافت = ۳۲ ثانیه [۱۸].

شماره پنجره	پهنای پنجره (ms)	زمان شروع (ms)	مرکز پنجره (ms)	زمان پایان (ms)
۱	۱۶۰	۱۶۰	۲۴۰	۳۲۰
۲	۱۶۰	۳۲۰	۴۰۰	۴۸۰
۳	۳۲۰	۴۸۰	۶۴۰	۸۰۰
۴	۳۲۰	۸۰۰	۹۶۰	۱۱۲۰
۵	۶۴۰	۱۱۲۰	۱۴۴۰	۱۷۶۰
۶	۶۴۰	۱۷۶۰	۲۰۸۰	۲۴۰۰
۷	۱۲۸۰	۲۴۰۰	۳۰۴۰	۳۶۸۰
۸	۱۲۸۰	۳۶۸۰	۴۳۲۰	۴۹۶۰
۹	۲۲۴۰	۴۹۶۰	۶۰۸۰	۷۲۰۰
۱۰	۲۲۴۰	۷۲۰۰	۸۳۲۰	۹۴۴۰
۱۱	۳۶۸۰	۹۴۴۰	۱۱۲۸۰	۱۳۱۲۰
۱۲	۳۶۸۰	۱۳۱۲۰	۱۴۹۶۰	۱۶۸۰۰
۱۳	۵۷۶۰	۱۶۸۰۰	۱۹۶۸۰	۲۲۵۶۰
۱۴	۵۷۶۰	۲۲۵۶۰	۲۵۴۴۰	۲۸۳۲۰

✓ ولتاژ ثانویه

برای بهبود کیفیت داده‌های اندازه‌گیری شده، متوسط ولتاژ ثانویه بطور جداگانه برای هر پنجره بوسیله انتگرال‌گیری محاسبه می‌شود. انتگرال V_s روی زمانهای نشان داده شده در جداول پیوست الف، گرفته می‌شود. بعلاوه از متوسط ولتاژ ثانویه بدست آمده در حالت قبل برای محاسبه بارپذیری (M) هر پنجره استفاده می‌شود (V_s در جایی نه ثبت و نه نشان داده می‌شود).

✓ محاسبه بارپذیری (M_x, M^n)

بارپذیری بصورت زیر محاسبه و تعریف می‌شود:

$$M = \frac{V_s \times 1000}{V_p} \quad \text{در واحد میلی‌ولت بر ولت} \quad (۲-۲)$$

که

$$V_s = \frac{\int_{t_1}^{t_2} V_s dt}{t_r} \quad (3-2)$$

t_1 = زمان در شروع پنجره

t_2 = زمان در پایان پنجره

$t_1 - t_2 = t_r$ بازه انتگرالگیری

V_p = ولتاژ در طول وصل جریان

V_s = ولتاژ اندازه‌گیری شده بوسیله دستگاه گیرنده در طول دوره زمانی t_r در زمان قطع جریان.

✓ خطای RMS¹:

بر حسب درصد بیان شده و بر طبق فرمول زیر بیان می‌شود.

$$RMS\% = \left\{ \frac{1}{W_i} \sum_1^{W_i} \left(1 - \frac{M_i}{M_{ic}} \right)^2 10^4 \right\}^{1/2} \quad (6-2)$$

W_i = شماره پنجره‌ای که در محاسبه پارامتر کل-کل از آن استفاده می‌شود.

M_i = مقدار بارپذیری محاسبه شده برای پنجره i ام است.

M_{ic} = بارپذیری پنجره i ام حاصل از بهترین منحنی کمکی برازش شده.

مقدار RMS، بیانگر مقدار برازش بین منحنی میرایی اندازه‌گیری شده و بهترین منحنی کمکی می‌باشد. منحنی کمکی از سری منحنی‌های کمکی با پارامتر $c = 0.25$ و مقدار ۲۶ ثابت زمانی در دامنه 2^{-14} تا 2^{11} انتخاب می‌شود. در کلیه برداشتهای صورت گرفته در منطقه مورد مطالعه مقدار خطای RMS کوچکتر از ۰/۷٪ می‌باشد [۱۸].

✓ محاسبات آماری (S.D)

خطای S.D، انحراف معیار بارپذیری M_x برای هر دوقطبی است. انحراف معیار یک روش

استاندارد برای تعیین کیفیت داده در آمار محسوب می‌شود. نکته اینکه برداشتهایی که منحصراً مبنی

¹ Root-Mean-Square-Deviation

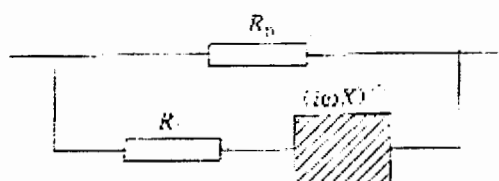
بر مقاومت ویژه هستند و بارپذیری در آنها انجام نمی‌شود، اطلاعات آماری مبنی بر M_x هنوز ابزار سودمندی در ارزیابی نوین داده‌های اندازه‌گیری می‌باشد.

✓ الگوریتم رد(نپذیرفتن)

این الگوریتم باعث نپذیرفتن داده در چرخه‌هایی می‌شود که بوسیله یک نوین اتفاقی مغشوش شده‌اند. این نوین‌ها غالباً به علت فعالیتهای رعد و برق در فواصل دور دست به وجود می‌آیند [۱۸].

پیوست ب: اثبات ریاضی فاکتور رقیق‌سازی پلاریزاسیون القایی

در حالت جدید مداری که معادل با مدار پلتون در نظر گرفته شده بصورت زیر است



شکل (ب-۱): مدار معادل پلتون [۵].

در این حالت برای رسیدن به بارپذیری ابتدا باید $Z(IP)$ و $Z(i\omega)$ را وقتی ω به سمت صفر و بی‌نهایت میل می‌کند را حساب کنیم. داریم که:

$$Z(IP) = (i\omega X)^{-c_2} \quad (ب-۱)$$

$$Z(IP) = \infty \quad \text{و} \quad Z(IP) = 0 \quad (ب-۲)$$

$$\omega \rightarrow 0 \quad \text{و} \quad \omega \rightarrow \infty$$

مقاومت کل یعنی $Z(i\omega)$ برابر است با:

$$R' = R_1 + Z_{IP} \quad (ب-۳)$$

$$\frac{1}{Z(i\omega)} = \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_1 + Z_{IP}} \Rightarrow Z(i\omega) = \frac{R_0(R_1 + Z_{IP})}{R_1 + R_0 + Z_{IP}} \quad (ب-۴)$$

طبق تعریف بارپذیری داریم:

$$m = \frac{Z(0) - Z(\infty)}{Z(0)} \quad (ب-۵)$$

از طرفی

$$Z(i\omega) = Z(0) = R_0 \quad \text{و} \quad Z(i\omega) = Z(\infty) = \frac{R_0 R_1}{R_0 + R_1} \quad (ب-۶)$$

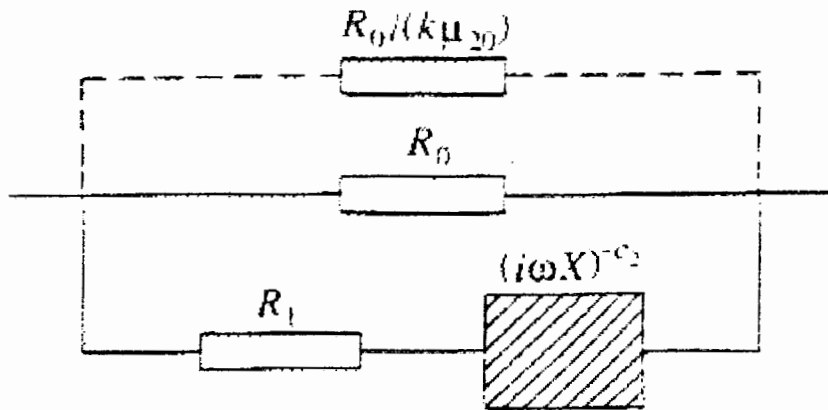
$$\omega \rightarrow 0 \quad \text{و} \quad \omega \rightarrow \infty$$

در نتیجه بارپذیری بدون تأثیر مقاومت محیط میزبان یا به عبارت دیگر m_2 بصورت زیر در می‌آید.

$$m_2 = \frac{Z(0) - Z(\infty)}{Z(0)} = \frac{R_0 - \frac{R_1 R_0}{R_0 + R_1}}{R_0} = \frac{R_0}{R_0 + R_1} \quad (\text{ب-۷})$$

فرآیند ذکر شده در بالا اثبات فرمولهای ۳-۱ در فصل سوم است.

اما بارپذیری ظاهری که در اثر مقاومت ویژه محیط میزبان به وجود می‌آید به صورت زیر است.



شکل (ب-۲): مدار معادل یک توده پلاریزه‌شونده در میزبان غیر پلاریزه‌شونده [۵].

همان رویه‌ای که در مورد بارپذیری m_2 اعمال کردیم باید در مورد بارپذیری متأثر از مقاومت ویژه

محیط میزبان نیز اعمال کنیم. با توجه به شکل (ب-۲) داریم:

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_0/k\mu_0} \Rightarrow R' = \frac{R_0}{1+k\mu_0} \quad (\text{ب-۸})$$

$$Z(IP) = (i\omega X)^{-c_2} \quad (\text{ب-۹})$$

$$R'' = (R_1 + Z_{IP}) \quad (\text{ب-۱۰})$$

$$\frac{1}{Z(i\omega)} = \frac{1}{R'} + \frac{1}{R''} = \frac{1+k\mu_0}{R_0} + \frac{1}{R_1 + Z_{IP}} \Rightarrow Z(i\omega) = \frac{R_0(R_1 + Z_{IP})}{(1+k\mu_0)(R_1 + Z_{IP}) + R_0} \quad (\text{ب-۱۱})$$

$$Z_{IP} = \frac{1}{(i\omega X)^c} = 0 \Rightarrow Z(i\omega) = \frac{R_0 R_1}{(1+k\mu_0)R_1 + R_0} \quad (\text{ب-۱۲})$$

$$\omega \rightarrow \infty$$

$$Z_{IP} = \frac{1}{(i\omega X)^c} = \infty \Rightarrow Z(i\omega) = \frac{R_0}{1+k\mu_0} \quad (\text{ب-۱۳})$$

$$\omega \rightarrow 0$$

$$m_a = \frac{Z(0) - Z(\infty)}{Z(0)} = \frac{\frac{R_0}{1 + k\mu_0} - \frac{R_0 R_1}{(1 + k\mu_0)R_1 + R_0}}{\frac{R_0}{1 + k\mu_0}} = \frac{R_0}{R_1(1 + k\mu_0) + R_0} \quad (\text{ب-۱۴})$$

معادله (ب-۱۴)، بارپذیری متأثر از مقاومت ویژه محیط میزبان است.

طبق تعریف فاکتور رقیق‌سازی داریم:

$$\beta_m = \frac{m_a}{m_2} = \frac{R_0 + R_1}{R_1(1 + k\mu_0) + R_0} \quad (\text{ب-۱۵})$$

پیوست ج: تصحیح اثر میزبان پلاریزه شونده

توضیحات قبل برای حالتی بود که محیط غیرپلاریزه شونده باشد ($m_1 = 0$). طیف SIP یک توده پلاریزه شونده محلی در صورتی که محیط میزبان پلاریزه شونده باشد پیچیده می شود. با ترکیب کردن نتایج محاسبات با مقادیر مختلف m_2, μ_{20} و h/a می فهمیم که تأثیر میزبان پلاریزه شونده روی m_a ساده است و تقریباً می توان آن را بوسیله روابط زیر بیان کرد:

$$m_a = m_a^0 + m_1 \quad \text{یا} \quad m_a^0 = m_a - m_1 \quad (1-ج)$$

که m_a و m_a^0 به ترتیب بارپذیری ظاهری برای محیط پلاریزه شونده و غیرپلاریزه شونده و m_1 بارپذیری واقعی محیط میزبان است.

تأثیر زمینه (میزبان) روی τ_a و c_a اساساً به نسبت شدت آنومالی IP وابسته است.

$$\delta m_a = (m_a - m_1)/m_1 \approx m_a^0/m_1 \quad (2-ج)$$

می توانیم $\varepsilon\tau_a$ و εc_a را برای بیان اثرات زمینه روی τ_a و c_a طبق روابط زیر استفاده کنیم

$$\varepsilon\tau_a = (\tau_a - \tau_a^0)/(\tau_1 - \tau_a^0) \quad (3-ج)$$

و

$$\varepsilon c_a = (c_a - c_a^0)/(c_1 - c_a^0) \quad (4-ج)$$

که تعریف c_a, τ_a و c_a^0, τ_a^0 مشابه m_a و m_a^0 است. آنچنانچه قبلاً ذکر شد، داریم $c_a^0 = c_2$.

جدول (1-ج) مقادیر $\delta m_a, \varepsilon\tau_a$ و εc_a را برای کوره‌ای که با مقادیر مختلف m_2, μ_{20} و h/a

محاسبه شده است را نشان می دهد. آنالیز همبستگی خطی برای $\ln \varepsilon\tau_a$ و δm_a و برای $\ln \varepsilon c_a$ و δm_a با داده‌های داده شده روابط آماری زیر را می دهد.

$$\varepsilon\tau_a \approx \exp(0.0038 - 0.041\delta m_a) \quad (ج-۵)$$

$$(\gamma = -0.9584)$$

$$\varepsilon c_a \approx \exp(-0.075 - 1.16\delta m_a) \quad (ج-۶)$$

$$(\gamma = -0.9841)$$

جدول (ج-۱): اثرات میزبان پلاریزه‌شونده روی m_a ، c_a و τ_a [۵].

h/a		۱/۶			۲/۴			۴/۰		
μ_{20}	m_2	۰/۳	۰/۶	۰/۹	۰/۳	۰/۶	۰/۹	۰/۳	۰/۶	۰/۹
۰/۰۱	δm_a	۰/۱	۰/۲۵	۰/۳۷۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۵	۰	۰/۰۵	۰
	εc_a	۰/۷۶	۰/۶۴	۰/۵۶	۰/۹۶	۰/۹۲	۰/۸۸	۱/۰	۰/۸۸	۱/۰
	$\varepsilon\tau_a$	۰/۹۹۸	۰/۹۹۸	۰/۹۹۷	۱/۰	۰/۹۹۹	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
۰/۱	δm_a	۰/۸۲۵	۰/۳	۳/۰	۰/۱۵	۰/۳۲۵	۰/۵	۰	۰/۰۵	۰/۰۵
	εc_a	۰/۲۸	۰/۶	(۰/۰۸)	۰/۷۶	۰/۶	۰/۴۸	۰/۹۶	۰/۹۲	۰/۸۸
	$\varepsilon\tau_a$	۰/۹۸۵	۰/۹۹۷	۰/۸۹۲	۰/۹۹۹	۰/۹۹۷	۰/۹۹۴	۱/۰	۱/۰	۱/۰
۰/۳	δm_a	۱/۵	۳/۵	۶/۰	۰/۳	۰/۷	۱/۲	۰	۰/۱	۰/۱۵
	εc_a	۰/۱۶	(۰/۰۸)	(۰/۰۴)	۰/۶	۰/۴	۰/۲۸	۰/۸۴	۰/۸	۰/۷۲
	$\varepsilon\tau_a$	۰/۹۴۲	(۰/۹۹۶)	(۰/۶۲۲)	۰/۹۹۶	۰/۹۸۶	۰/۹۶۶	۱/۰	۱/۰	۱/۰
۱	δm_a	۱/۷۵	۴/۰	۸/۷۵	۰/۳	۱/۱	۲/۲۵	۰/۰۵	۰/۱۷۵	۰/۲۷۵
	εc_a	۰/۱۲	(۰/۰۸)	(۰/۰۸)	۰/۶	۰/۳۲	(۰/۲۴)	۰/۸۸	۰/۷۲	۰/۶۸
	$\varepsilon\tau_a$	۰/۹۰۶	(۰/۶۳۲)	(۰/۲۹۳)	۰/۹۹۴	۰/۹۴۷	(۰/۸۱۱)	۱/۰	۱/۰	۰/۹۹
۱۰	δm_a	۰/۴۵	۱/۵	۵/۵۱	۰/۱۲۵	۰/۴۲۵	۱/۴۷۵	۰/۰۲۵	۰/۰۷۵	۰/۰۵
	εc_a	۰/۵۲	(۰/۳۲)	(۰/۲)	۰/۸	۰/۶	(۰/۴۴)	۰/۹۶	۰/۸۸	۰/۹۲
	$\varepsilon\tau_a$	۰/۹۸۵	(۰/۷۴۲)	(۰/۲۹۲)	۰/۹۹۶	۰/۹۹۴	(۰/۵۳۷)	۱/۰	۱/۰	۱/۰
۱۰۰	δm_a	۰/۰۵	۰/۱۷۵	۰/۷۲۵	۰	۰/۰۵	۰/۲	۰	۰	۰/۰۲۵
	εc_a	۰/۹۲	۰/۸۰	(۰/۶۴)	۰/۹۶	۰/۹۲	۰/۸۸	۱/۰	۱/۰	۰/۹۶
	$\varepsilon\tau_a$	۱/۰	۱/۰	(۱/۰۴۵)	۱/۰	۱/۰	(۰/۸۶۸)	۱/۰	۱/۰	۱/۰

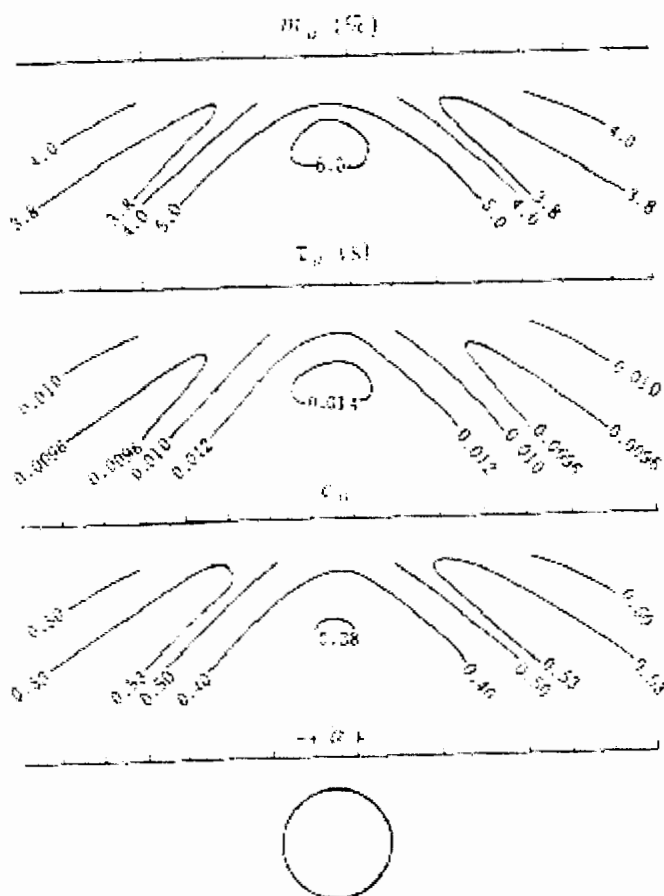
نتایج محاسبه شده بر روی یک کره ($x=0$) با آرایه دوقطبی-دوقطبی، پارامترها عبارتند از:

$$c_2 = 0.25, \tau_2 = 1s, \text{ متغیر, } m_2, c_1 = 0.5, \tau_1 = 0.01s, m_1 = 0.04$$

مقدار واقعی γ بزرگتر از ۰/۹۵ است. این نشان می‌دهد که معادلات (ج-۵) و (ج-۶) مشخصه آماری خوبی دارند و معادلات تقریبی خوبی هستند. این عبارت تجربی را می‌توان برای تخمین تأثیر اثرات

زمینه (میزبان) روی τ_a و c_a یا اگر m_1, τ_1 و c_1 معلوم باشند، برای ارزیابی m_a^0, τ_a^0 و c_a^0 بدون هیچگونه تأثیری از m_a, τ_a و c_a تحت شرایط یک توده پلاریزه‌شونده بدست آورد.

در یک میزبان پلاریزه‌شونده با $c_1 \neq c_2$ ، مقدار c_a برابر c_2 نیست و عموماً بین c_1 و c_2 قرار می‌گیرد. این موضوع امکان مطالعه توده‌های پلاریزه‌شونده محلی با استفاده از آنومالی c_a را پیشنهاد می‌کند. آنچنانچه قبلاً شرح داده شد، وابسته فرکانسی میزبان پلاریزه‌شونده ($c_1 \approx 0.4 - 0.6$) معمولاً از وابسته فرکانسی توده پلاریزه‌شونده محلی، با درجه بالا کانی‌سازی ($c_2 < 0.4$) بزرگتر است. بنابراین روی یک توده پلاریزه‌شونده با تمرکز محلی، مشخصه آنومالی c_a کاهش و m_a و τ_a افزایش می‌یابد.



شکل (ج-۱): شبه مقاطع m_a, τ_a و c_a برای یک کره در عمق متوسط و در یک میزبان پلاریزه‌شونده. پارامترها

$$c_2 = 0.25, \tau_2 = 1s, m_2 = 0.6, \rho_{20} = 30\Omega m$$

$$c_1 = 0.5, \tau_1 = 0.01s, m_1 = 0.04, \rho_{10} = 1\Omega m$$

عبارتند [۵] از:

$$\bar{a} = 2, a = 5m, h = 8m$$

برای مثال، شکل (ج-۱) شبه مقاطع c_a, τ_a, m_a و برای یک کره با عمق دفن متوسط را نشان می‌دهد. چونکه کره مقاومت ویژه بالایی دارد ($\mu_{20} = 30$) شدت ناهنجاری IP کوچکتر است (δm_a) در بارزترین نقطه آنومالی کوچکتر از ۶۰٪. بنابراین آنومالی τ_a واضح نیست (نسبت آنومالی در بارزترین نقطه $\delta \tau_a = (\tau_a - \tau_1) / \tau_1$ فقط ۴۰٪ است)، در صورتیکه نسبت آنومالی وابسته فرکانسی ظاهری $\delta c_a = (c_a - c_1) / c_1$ به ۲۰٪ می‌رسد. اگر توجه کنیم نسبت خطای τ_a در معکوس‌سازی واقعی ۳۰٪ است و خطای c_a در ۱۰٪ کنترل شده، از این رو آنومالی c_a باید دقیق‌تر و قابل اطمینان‌تر از آنومالی τ_a باشد.

اثرات زمینه (میزبان) سبب می‌شود، اگر نسبت مقاومت ویژه μ_{20} بزرگتر یا کوچکتر یک باشد یا اگر توده پلاریزه‌شونده در عمق زیاد باشد و شدت آنومالی IP ضعیف‌تر شود. ثابت زمان ظاهری τ_a به ثابت زمان میزبان τ_1 وابسته شود. بنابراین با فرض موارد ذکر شده در بالا تشخیص ساختار توده پلاریزه‌شونده و امید به جستجوی آنها در عمق‌های زیاد از طریق پارامتر τ_a منطقی نیست. بنابراین وقتی میزبان پلاریزه‌شونده است لازم است که تأثیر اثرات زمینه تصحیح شود.

روشی که برای تصحیح اجمالی اثرات زمینه، در واقع ارزیابی پارامترهای طیف ظاهری τ_a^0 و c_a^0 در نظر گرفته شد، استفاده از معادلات (ج-۲) الی (ج-۶) می‌باشد. پارامترهای طیف ظاهری c_a, τ_a, m_a با معکوس‌سازی طیف ظاهری اندازه‌گیری شده بر روی آنومالی بدست می‌آید و پارامترهای طیف حقیقی c_1, τ_1, m_1 و میزبان، از اندازه‌گیری بر روی قسمتی از محیط که کانی‌سازی در آنجا وجود ندارد و برگردانی طیف بدست می‌آیند. محاسبات تصحیح اثرات زمینه قدم به قدم بصورت زیر است:

$$۱- \text{ محاسبه } \delta m_a \text{ بر حسب } m_a \text{ و } m_1 \text{ با استفاده از معادله (ج-۲).}$$

$$۲- \text{ محاسبه } \varepsilon \tau_a \text{ و } \varepsilon c_a \text{ بر حسب } \delta m_a \text{ با استفاده از معادله (ج-۵) یا (ج-۶).}$$

$$۳- \text{ محاسبه } \tau_a^0 \text{ و } c_a^0 \text{ با کمک معادلات (ج-۳) و (ج-۴) و یا مرتب شده آنها یعنی روابط}$$

$$\tau_a^0 = \frac{\tau_a - \tau_1 \varepsilon \tau_a}{1 - \varepsilon \tau_a} \quad (\text{ج-۷})$$

و

$$c_a^0 = \frac{c_a - c_1 \varepsilon c_a}{1 - \varepsilon c_a} \quad (\text{ج-۸})$$

با استفاده از معادلات (ج-۷) یا (ج-۸) می‌توانیم به ترتیب τ_a^0 را از τ_a ، τ_1 و $\varepsilon\tau_a$ ، و همچنین c_a^0 را از c_a ، c_1 و εc_a ارزیابی کنیم.

پارامترهای طیف ظاهری τ_a^0 و c_a^0 حاصل از تصحیح اثرات زمینه را می‌توان برای تشخیص توده پلاریزه‌شونده (ساختار و عمق دفن توده پلاریزه‌شونده) مورد استفاده قرار داد [۵].

پیوست د: مقطع زمین‌شناسی و نمونه‌برداری مغزه‌های منطقه معدنی احمدآباد

عملیات حفاری در منطقه احمدآباد جمعاً به میزان ۲۴۸ متر در ۳ نقطه توسط دستگاه Dimond 456 صورت گرفته است که در اینجا تنها داده‌های حفاری که بر روی یکی از پروفیل‌های مورد بررسی ما قرار داشت آورده شده است. وجود واحدهای رادیولاریتی سخت و شکننده به همراه وجود حفرات، تونل‌ها و کنده کاری‌های معدن قدیمی، سرعت و میزان مغزه‌دهی حفاری را با مشکل بسیاری مواجه نمود. توصیف واحدهای سنگی و لاگینگ مغزه‌های حاصل از حفاری و دیگر مشخصات در ذیل آورده شده است.

گمانه مورد بررسی در محل ایستگاه 00 برداشتهای ژئوفیزیکی در نقطه‌ای با مختصات جغرافیایی $56^{\circ}58'06E$ و $28^{\circ}08'20N$ و ارتفاع ۱۶۰۸ متر حفر شده است. امتداد این حفاری $E-10-N$ ، جهت آن شمال شرق، زاویه حفاری ۲۵ درجه از حالت قائم و عمق نهایی این گمانه ۶۵ متر می‌باشد.

عملیات حفاری در این گمانه با مشکلات بسیار زیادی همراه بود که از جمله مهمترین آنها برخورد این گمانه با تونل‌ها و کنده کاری‌های معدن قدیمی بود. واحدهای برداشت شده از روی مقدار مغزه به دست آمده در شکل (د-۱) آمده است.

PROJECT OF SHEIKH ALI - AHMAD ABAD COPPER EXPLORATION
GEOLOGICAL LOG OF BOREHOLE IN AHMADABAD DEPOSIT

BORE HOLE NO.: BH-1

TOTAL DEPTH: 65 m

X: 56,58,08 E

TOTAL CORE RECOVERY: 30%

COORDINATE Y: 28,08,20 N

Z: 1608 m

DATE COMPLETED: 1383

INCLINATION: 15 NE

BY: PARS PEY AZEMA CONSULTANT
 ENGINEERS COMPANY

DRILLING ORIENTATION: N19E

DEPTH (m)	SYMBOL	LITHOLOGY	DESCRIPTION
0.0			
10.0		RADIOLARITE	رادیولاریت کاملاً خرد شده همراه با واریزه‌های معدنی
20.0		ALTERED ZONE	زون شدیداً دگرسان شده آرژیلی-سیلیسی و لیمونیتی دارای آثار پیریت اکسید و مالاکیت
30.0			
40.0		MINING DEBRIS	واریزه معدنی و سنگهای خرد شده مربوط به فعالیتهای معدن کاری قدیمی
50.0			
60.0		ALTERED ZONE	زون شدیداً دگرسان شده آرژیلی-سیلیسی و لیمونیتی دارای آثار پیریت اکسید و مالاکیت
65.0		MINING DEBRIS	واریزه معدنی و سنگهای خرد شده مربوط به فعالیتهای معدنکاری قدیمی

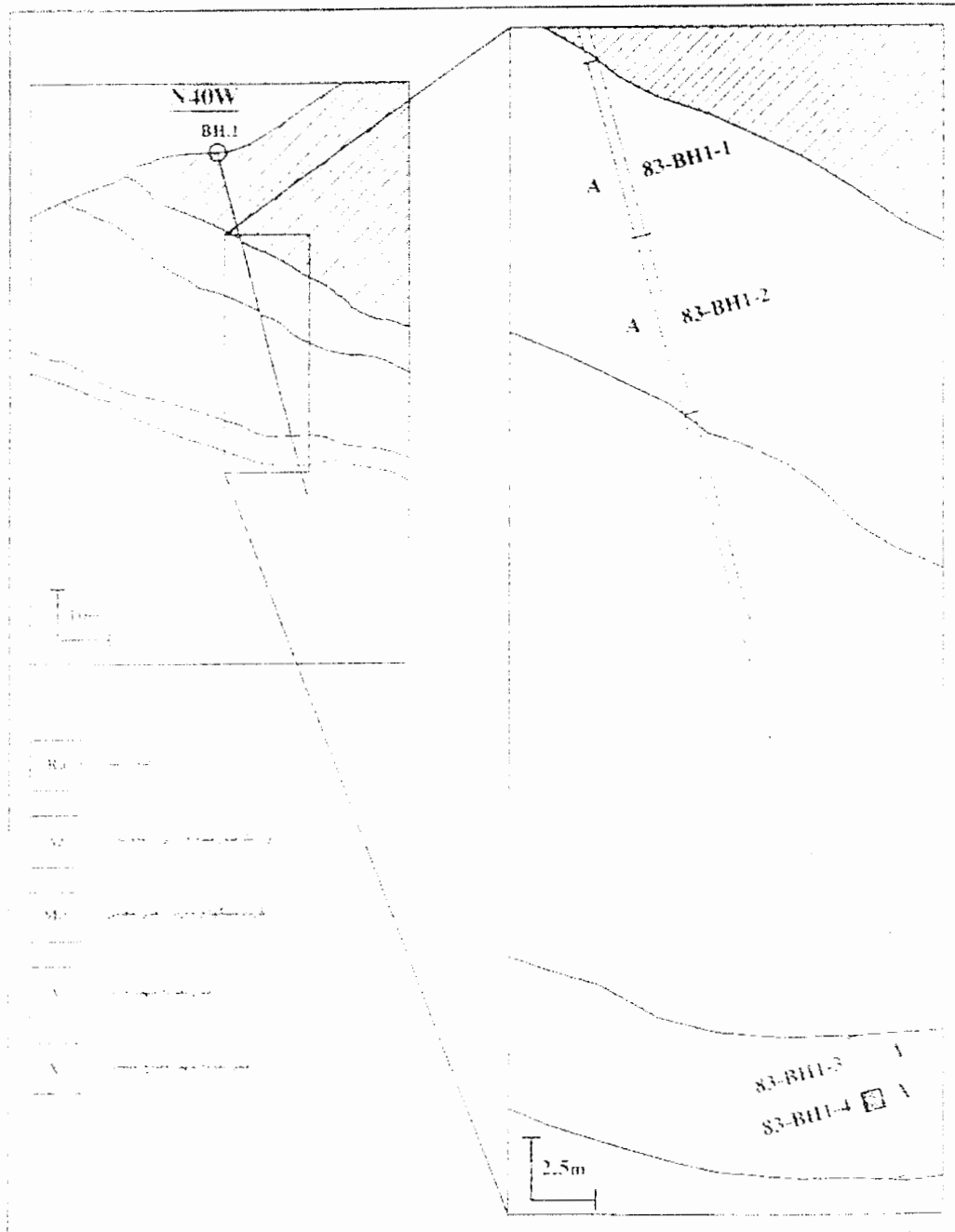
شکل د-۱: ستون لاگ زمین‌شناسی مربوط به گمانه حفر شده در ایستگاه 00

این واحدها به شرح زیر است.

- ۱۵ متر واحد رادیولاریتی کاملاً خرد شده که گاهی با واریزه‌های احتمالاً معدنی همراه بود. از این بخش حدود ۱ متر مغزه به دست آمد.
- ۱۲ متر زون شدیداً دگرسان شده آرژیلی- سیلیسی و لیمونیتی که در آن آثار پیریت اکسیده و ملاکیت به میزان فراوان می‌باشد.
- ۲۵ متر واریزه معدنی، سنگهای خرد شده و آثار فعالیت معدن قدیمی
- ۵ متر زون برشی و شدیداً دگرسان شده آرژیلی- لیمونیتی همراه با آثار ملاکیت و نیز پیریت اکسیده.
- ۸ متر واریزه معدنی، سنگهای خرد شده به همراه آثار فعالیت معدنکاری قدیمی که در این عمق با توجه به وجود واریزه‌ها ادامه حفاری به هیچ وجه میسر نبود. بنابراین حفاری در عمق ۶۳ متری متوقف شد [۴].

نمونه بردای از مغزه‌ها

مقطع عرضی واحدهای زمین‌شناسی مربوط با این گمانه و محل برداشت نمونه از مغزه‌های این واحدها، جهت آنالیز و مینرالوگرافی در شکل (د-۲) آورده شده است.



شکل د-۲: مقطع عرضی واحدهای زمین‌شناسی و موقعیت نقاط نمونه‌گیری شده در امتداد گمانه حفر شده در ایستگاه 00.

نمونه برداری معدنی جهت مطالعات مینرالوگرافی و نیز آنالیز عناصر Au-Cu-Zn-Mn-Ni از بخشهای دارای کانی سازی در مغزه های حفاری صورت گرفته است. که در کل سه حفاری، تعداد این نمونه ها با در نظر گرفتن نمونه های تکراری و کنترلی ۵۳ نمونه جهت آنالیز و حدود ۱۱ نمونه به منظور مطالعات میکروسکوپی می باشد. نمونه گیری از مغزه ها پس از بررسی و لاگینگ مغزه های هر گمانه ، از بخش های مختلف کانی سازی (دانه پراکنده ، رگچه ای و توده ای) در اینتروالهای مشخص صورت گرفت که نتیجتاً تغییرات عیار عناصر مورد نظر در بخش های مختلف یک زون کانی سازی شده در هر گمانه را نشان خواهد داد.

نمونه گیری به روش برش طولی مغزه ها در فواصل معین می باشد ، بطوریکه هر تکه از مغزه در جهت طولی بدو نیم شده و دو نیم استوانه بدست می آید که تمام هر نیم استوانه بعنوان نمونه در نظر گرفته می شود. نتایج آنالیز نمونه گیری از گمانه مورد نظر در جدول (د-۱) آورده شده است.

ردیف	شماره نمونه	Au	Cu	Mn	Zn	Ni
۱	BH1-1	۰/۰۰۶۹	۳/۳٪	۲۱۵	۲۷۰۰	۱۵۸
۲	BH1-2	۰/۰۶۶	۱/۴۰٪	۱۹	۴۹۷	۱۶/۳
۳	BH1-3	۰/۰۷	۱۲۲۵	۶۵	۹۵	۱۳/۳

جدول د-۱: نتایج آنالیز نمونه گیری. عناصر بر حسب گرم در تن (ppm) می باشد.

مطالعات مینرالوگرافی

نمونه برداری جهت تهیه مقاطع صیقلی و مطالعات مینرالوگرافی به تعداد ۱۱ نمونه از واحدهای کانه دار در مغزه ها صورت گرفت . در عمده نمونه های کانه های اصلی تشکیل دهنده نمونه، پیریت و به میزان کمتر کالکوپیریت و گاهی اسفالریت می باشد. پیریت غالباً بصورت بلورهای ایدئومورف و نسبتاً درشت دیده می شود و کالکوپیریت با بلورهای نسبتاً بی شکل، عمدتاً در بین بلورهای ایدئومورف پیریت قرار گرفته اند. اسفالریت غالباً بصورت لکه هایی بر روی سطح کالکوپیریت دیده می شود که احتمالاً حاصل از فرآیند اکسولوشن (جدایش در فاز جامد) بین کالکوپیریت و اسفالریت می باشد. در برخی نمونه ها نیز مگنتیت و هماتیت با بافت توده ای و متراکم به همراه پیریت دیده می شود.

مگنتیت‌های مشاهده شده غالباً آثار مارتیتیزاسیون را در خود نشان داده و بصورت بلورهای منشوری شکل همراه با بلورهای سوزنی شکل اولیژیست دیده می‌شوند [۴].

پیوست ه: ضرایب متوسط عمق جستجو برای آرایه‌های مختلف

جدول (ه-۱): متوسط عمق جستجو (Z_e) برای آرایه‌های مختلف. L طول آرایه و a فاصله بین الکترودهای

پتانسیل [۲۱].

نوع آرایه	Z_e/a	Z_e/L
ونر	۰/۵۱۹	۰/۱۷۳
دوقطبی-دوقطبی		
n=۱	۰/۴۱۶	۰/۱۳۹
n=۲	۰/۶۹۷	۰/۱۷۴
n=۳	۰/۹۶۲	۰/۱۹۲
n=۴	۱/۲۲	۰/۲۰۳
n=۵	۱/۴۷۶	۰/۲۱۱
n=۶	۱/۷۳	۰/۲۱۶
دوقطبی-دوقطبی استوایی		
n=۱	۰/۴۵۱	۰/۳۱۹
n=۲	۰/۸۰۹	۰/۳۶۲
n=۳	۱/۱۸۰	۰/۳۷۳
n=۴	۱/۵۵۶	۰/۳۷۷
ونر- شلومبرگر		
n=۱	۰/۵۲	۰/۱۷۳
n=۲	۰/۹۳	۰/۱۸۶
n=۳	۱/۳۲	۰/۱۸۹
n=۴	۱/۷۱	۰/۱۹
n=۵	۲/۰۹	۰/۱۹
n=۶	۲/۴۸	۰/۱۹
قطبی-دوقطبی		
n=۱	۰/۵۲	
n=۲	۰/۹۳	
n=۳	۱/۳۲	
n=۴	۱/۷۱	
n=۵	۲/۰۹	
n=۶	۲/۴۸	
قطبی-قطبی	۰/۸۶۷	

پیوست و : فرمت داده‌های ورودی برای مدل‌سازی معکوس پروفیل‌زنی به روش آرایه دو قطبی-دوقطبی

برای تفسیر داده‌های برداشته‌های دو بعدی ، معمولاً از مدل دو بعدی برای زیر سطح زمین که شامل تعداد زیادی بلوک مستطیلی است استفاده می‌شود. سپس برنامه‌ای کامپیوتری برای تعیین مقاومت ویژه بلوکها استفاده می‌شود بطوری که مقادیر مقاومت ویژه ظاهری محاسبه شده موافق با مقادیر اندازه‌گیری شده از برداشته‌های صحرائی باشد. برنامه کامپیوتری RES2DINV بصورت خودکار سطح زیر زمین را به یک تعداد بلوک تقسیم‌بندی می‌کند و سپس از برنامه معکوس‌سازی Least-squares برای تعیین مقادیر مقاومت ویژه مناسب هر بلوک استفاده می‌کند.

موقعیت الکترودها و مقادیر مقاومت ویژه ظاهری برداشت شده باید در یک فایل متنی که بوسیله برنامه RES2DINV قابل قرائت است وارد شود. یکی از فایل‌های متنی که بوسیله برنامه RES2DINV قابل قرائت می‌باشد، برنامه Notepad ویندوز است.

فرمت وارد کردن اطلاعات در فایل متنی Notepad برای آرایه دو قطبی-دوقطبی بصورت زیر

است.

مثال	محتویات	نحوه قرارگیری داده در فایل
پروفیل ۱	اسم خط برداشت.	خط اول
۱۰	کوچکترین فاصله الکترودی.	خط دوم
۳	نوع آرایه (ونر=۱، قطبی-قطبی=۲، دوقطبی-دوقطبی=۳، قطبی-دوقطبی=۴، شلومبرگر=۷).	خط سوم
۳۳۴	تعداد کل اندازه‌گیری	خط چهارم
۱	نوع موقعیت X برای نقاط قرارگیری در مقطع: عدد صفر برای قرارگیری موقعیت اولین الکتروود اندازه‌گیری استفاده می‌شود و عدد یک برای قرارگیری موقعیت مرکز آرایه استفاده می‌شود.	خط پنجم
۱	علامتی برای ورود داده‌های پلاریزاسیون القایی عدد صفر فقط برای داده‌های مقاومت‌ویژه و عدد یک برای داده‌های مقاومت‌ویژه همراه با پلاریزاسیون القایی.	خط ششم
۳۰ ۱۰ ۵ ۵۰ ۱۶	اولین عدد بیانگر موقعیت X، دومین عدد فاصله بین الکتروودهای P_1 و P_2 ، سومین عدد مقدار عددی فاکتور n ، چهارمین عدد مقدار مقاومت‌ویژه ظاهری، پنجمین عدد مقدار باریذیری پلاریزاسیون القایی. توجه بین هر عدد با عدد بعدی باید یک فاصله یا یک گاما باشد.	خط هفتم
	همین نحوه اطلاعات برای نقاط بعدی.	خط هشتم و خطهای بعدی
0 0 0	عدد صفر را در سه خط قرار می‌دهیم.	بعد از آخرین خط داده‌ای

اگر منطقه برداشتم دارای توبه‌گراف باشد و اطلاعات توبه‌گراف را نیز داشته باشیم بعد از آخرین خط داده‌ای عدد ۲ را به منظور وارد کردن اطلاعات توبه‌گراف وارد می‌کنیم. در خط بعد از آن تعداد نقاطی که اطلاعات توبه‌گراف آنها را داریم و سپس در خطهای بعدی محل نقاط توبه‌گراف آنها را درج می‌کنیم. بعد از آن خط اطلاعات توبه‌گراف عدد یک و سپس سه تا صفر در خطهای انتهایی قرار می‌دهیم.

توجه داشته باشید که فایل اطلاعاتی باید با پسوند DAT ذخیره شود. بعد از ذخیره با ورود به برنامه با استفاده از گزینه File از منوی ابزار برنامه، فایل ذخیره شده خود را بخوانید. قدم بعدی انتخاب گزینه Inversion و سپس از منوی باز شده گزینه Least square inversion را انتخاب کنید. برنامه به صورت خودکار سعی در تعیین مقادیر مقاومت ویژه بلوکهای زیر سطح و مدل سازی آن می کند.