

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مطالعات ژئوفیزیک به روش IP-RS در محدوده اکتشافی فاریاب

کارفرما

شرکت توسعه عمران و اکتشافات نوین کویر کرمان

مشاور

شرکت زمین رادماهان



اسفند ۱۴۰۴

عنوان «فهرست مطالب» صفحه

۱ - فصل اول: ژئوفیزیک اکتشافی.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۱-۲- ژئوفیزیک.....	۳
۱-۳- معرفی روش‌های ژئوفیزیکی انجام‌شده در ساختگاه.....	۳
۱-۴- ویژگی‌ها و معرفی روش‌های ژئوفیزیکی.....	۳
۱-۴-۱- روش مقاومت ویژه الکتریکی.....	۴
۱-۴-۲- روش پلاریزاسیون القایی.....	۸
۱. پلاریزاسیون غشایی.....	۹
۲. کوپلینگ القای الکترومغناطیسی.....	۹
۳. بارپذیری منفی.....	۹
۲ - فصل دوم: عملیات میدانی ژئوفیزیک.....	۱۳
۲-۱- موقعیت و زمین‌شناسی منطقه.....	۱۴
۲-۲- بخش شمال شرقی محدوده اکتشافی.....	۱۵
۲-۳- فرستنده (IP-TRANSMITTER).....	۱۶
۲-۴- گیرنده مدل (GRX-16).....	۱۷
۲-۵- عملیات داده برداری.....	۱۹
۲-۶- پردازش و تفسیر داده‌ها.....	۲۲
۳ - نتایج کاوش‌های ژئوفیزیکی IP-RS.....	۲۵
۳-۱- مقدمه.....	۲۶
۳-۱-۱- نتایج پروفیل ۱.....	۲۶
۳-۱-۲- نتایج پروفیل ۲.....	۳۰
۳-۱-۳- نتایج پروفیل ۳.....	۳۴
۳-۱-۴- نتایج پروفیل ۵.....	۳۹
۳-۱-۵- نتایج پروفیل ۶.....	۴۲
۳-۱-۶- نتایج پروفیل ۴.....	۴۴
۴ - فصل چهارم: نتایج.....	۴۶
۴-۱- مقدمه.....	۴۷
۴-۲- نتایج مطالعات در بخش جنوبی.....	۴۷
۴-۱- نتایج مطالعات در بخش شمالی.....	۵۱
۴-۲- نتیجه گیری نهایی.....	۵۱

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- تصویر شماتیک از خطوط هم‌پتانسیل در عملیات مقاومت سنجی..... ۵
- شکل ۱-۲- ترتیب قرارگیری الکترودها برای پیمایش دوبعدی به‌روش توموگرافی الکتریکی..... ۶
- شکل ۱-۳- نمودار ضریب عمق تجسس واقعی آرایش دایپل-دایپل و پل-دایپل برای قرائت‌های ۱۰ گانه.. ۱۱
- شکل ۱-۴- مقطع شارژپذیری آرایش (الف): دایپل-دایپل و (ب): پل-دایپل..... ۱۲
- شکل ۲-۱- محل قرارگیری منطقه مورد مطالعه که در تقسیمات کشوری در فاریاب واقع شده‌است (برگرفته از گزارش پی جویی دکتر تقی‌پور، ۱۴۰۴)..... ۱۴
- شکل ۳-۱- مسیر برداشت پروفیل اول بر روی نقشه زمین‌شناسی محدوده..... ۲۸
- شکل ۳-۲- مقطع مقاومت ویژه و شارژپذیری حاصل از وارون‌سازی داده‌های صحرایی به‌روش پل-دایپل پروفیل ۱..... ۲۸
- شکل ۳-۳- مقطع مقاومت ویژه و شارژپذیری حاصل از وارون‌سازی داده‌های صحرایی به‌روش پل-دایپل پروفیل ۱ در ژئوسافت..... ۲۹
- شکل ۳-۴- مسیر برداشت پروفیل دوم بر روی نقشه زمین‌شناسی محدوده..... ۳۱
- شکل ۳-۵- مقطع مقاومت ویژه و شارژپذیری حاصل از وارون‌سازی داده‌های صحرایی به‌روش پل-دایپل پروفیل ۲..... ۳۱
- شکل ۳-۶- مقطع مقاومت ویژه و شارژپذیری حاصل از وارون‌سازی داده‌های صحرایی به‌روش پل-دایپل پروفیل ۲ در ژئوسافت..... ۳۲

شکل ۷-۳- مقطع مقاومت پروفیل ۱ و ۲ در فضای سه بعدی، چنانچه در شکل مشاهده می شود، راستای گسلش اصلی که در نقشه زمین شناسی مشاهده شده، به صورت تغییر شارپ مقاومت در این مقطع سه بعدی مشاهده می شود. ۳۳

شکل ۸-۳- مقطع شارژپذیری پروفیل ۱ و ۲ در فضای سه بعدی، چنانچه در شکل مشاهده می شود، آنومالی پروفیل اول که در واحد مسکوویت کالک شایست بود (بیضی مشکی رنگ)، با عبور از این ساختار و رسیدن به پروفیل دوم، اثر High-IP خود را از دست داده است. تنها شارژبیلیتیه مسیر گسلش با عبور از پروفیل یک به دو (بیضی زرد رنگ)، در عمق افزایش یافته است. ۳۴

شکل ۹-۳- مسیر برداشت پروفیل سوم بر روی نقشه زمین شناسی محدوده. ۳۶

. شکل ۱۰-۳- مقطع مقاومت ویژه، شارژپذیری حاصل از وارون سازی داده های صحرایی به روش پل-دایپل پروفیل ۳. ۳۶

شکل ۱۱-۳- مقطع مقاومت ویژه و شارژپذیری حاصل از وارون سازی داده های صحرایی به روش پل-دایپل پروفیل ۳ در ژئوسافت. ۳۷

شکل ۱۲-۳- مقاطع سه بعدی مقاومت ویژه و شارژپذیری در پروفیل دوم و سوم. ۳۸

شکل ۱۳-۳- مسیر برداشت پروفیل پنجم بر روی نقشه زمین شناسی محدوده. ۳۹

. شکل ۱۴-۳- مقطع مقاومت ویژه، شارژپذیری حاصل از وارون سازی داده های صحرایی به روش پل-دایپل پروفیل ۵. ۴۰

شکل ۱۵-۳- مقطع مقاومت ویژه و شارژپذیری حاصل از وارون سازی داده های صحرایی به روش پل-دایپل پروفیل ۵ در ژئوسافت. ۴۱

. شکل ۱۶-۳- مقطع مقاومت ویژه، شارژپذیری و مقطع زمین شناسی حاصل از وارون سازی داده های صحرایی به روش پل-دایپل پروفیل ۶. ۴۳

شکل ۱۷-۳- مقطع شارژپذیری حاصل از وارون‌سازی داده‌های صحرایی به‌روش پل-دایپل پروفیل ۶ در

ژئوسافت..... ۴۳

شکل ۱۸-۳- مقطع مقاومت ویژه، شارژپذیری حاصل از وارون‌سازی داده‌های صحرایی به‌روش پل-دایپل

پروفیل ۴..... ۴۴

شکل ۱۹-۳- مقطع مقاومت ویژه و شارژپذیری حاصل از وارون‌سازی داده‌های صحرایی به‌روش پل-دایپل

پروفیل ۴ در ژئوسافت..... ۴۵

شکل ۱-۴- مدل سه‌بعدی از گسلش اصلی در بخش جنوبی با مقاومت پایین و راستای جنوب شرق به

شمال غرب..... ۴۸

شکل ۲-۴- مدل سه‌بعدی از آنومالی شارژیلیته در گسلش اصلی در بخش جنوبی با مقاومت ویژه پایین و

راستای جنوب شرق به شمال غرب که در پروفیل دوم و سوم مشهود است..... ۴۸

شکل ۳-۴- موقعیت گمانه پیشنهادی در بخش جنوبی..... ۵۰

فهرست جداول

جدول ۱-۱- مقاومت ویژه الکتریکی برخی از انواع مواد طبیعی زمین..... ۷

جدول ۱-۲- شارژپذیری برخی از انواع مواد طبیعی زمین..... ۱۰

جدول ۱-۲- مشخصات هر پروفیل در محدوده فاریاب..... ۲۰

جدول ۲-۲- مختصات هر پروفیل در محدوده فاریاب..... ۲۱

۱ - فصل اول: ژئوفیزیک اکتشافی

۱-۱- مقدمه

در راستای اجرای خدمات مشاوره مطالعات ژئوفیزیک به روش IP-RS محدوده فاریاب فی مابین کارفرما و شرکت مشاور، موافقت نامه حاضر بین شرکت شرکت توسعه عمران و اکتشافات نوین کویر کرمان که از این پس کارفرما نامیده می شود، از یک سو و شرکت زمین راد ماهان به شماره ثبت ۱۶۱۷۱ که از این پس مشاور نامیده می شود، از سوی دیگر، طبق توافقات از پیش تعیین شده، منعقد می گردد.

در وهله اول مطالعات ژئوفیزیک و بعد از مطالعات زمین شناختی مقدماتی و تعیین محل تقریبی رخنمون ها و روند تقریبی کانه زایی منطبق بر مطالعات مقدماتی صحرایی زمین شناسی تیم کارفرمای محترم و تهیه نقشه زمین شناسی ۱/۵۰۰، اقدام به برداشت های روش پلاریزاسیون القایی شد. با توجه به گستردگی منطقه مورد نظر، رخنمون های قابل مشاهده کانی زایی و شرایط زمین ساختی مدنظر کارفرما در منطقه و همچنین با در نظر گرفتن زمان و هزینه بهینه، اقدام به برداشت ۶ پروفیل در تعداد ۲۰۰۰ نقطه اجرا گردید.

عملیات برداشت در حین انجام پروژه کنترل گردیده و مطالعات به صورت پویا انجام شد؛ بدین معنی که پس از اتمام عملیات داده برداری مربوط به هر پروفیل، داده های آن پردازش و وارون سازی شده و نتایج آن به اطلاع تیم فنی می رسید. از این رو با بررسی نتایج هر پروفیل در حین عملیات داده برداری و با مشورت با کارشناسان، در صورت لزوم جانمایی پروفیل های بعدی تغییر می نمود (مانند پروفیل شماره ۳). در نهایت، تعداد ۶ پروفیل IP در اندازه های مختلف ۲۵۰ تا ۳۳۰ متر، با فاصله الکترودی ۱۰ و ۲۰ متر (جهت دست یافتن به اطلاعات جانبی و عمقی قابل قبول) توسط آرایش پل-دایپل به منظور رسیدن به اطلاعات عمق حدود ۸۰ الی ۱۰۰ متر، در محدوده برداشت گردید و این تفسیر داده ها بعد از نتایج تحلیلی مشاور، به اطلاع تیم تخصصی کارفرمای محترم رسید تا طی بازدیدهای زمین شناسی و نقشه زمین شناسی منطقه تحلیل کمی و اکتشافی شوند.

لازم به ذکر است در این مطالعات تعداد ۶ اکیپ روز برداشت شده است. داده برداری توسط دستگاه GDD با ۱۶ کانال فعال با توان ۵ کیلووات که یکی از بهترین دستگاه های مطالعات ژئوالکتریک در دنیا و در اختیار شرکت توسعه عمران می باشد، توسط کارشناسان تیم مشاور انجام گردید. تعداد کل نقاط برداشت شده با توجه به آرایه طراحی شده، ۲۳۰۰ داده مقاومت ویژه و شارژ پذیری و پس از پردازش qc، ۲۰۰۰ نقطه می باشد.

۲-۱- ژئوفیزیک

روش‌های ژئوفیزیکی متفاوتی برای بررسی پدیده‌های معدنی وجود دارد که در این میان، روش‌های میدان پتانسیل از موارد برجسته در مطالعات معدنی می‌باشند. از آنجایی که مطالعات ژئوفیزیکی معمولاً شناسایی لایه‌های زمین با بررسی برخی از خواص فیزیکی ذاتی آن‌ها و یا تأثیرشان بر کمیت‌های فیزیکی در سطح زمین صورت می‌گیرد، برداشت اطلاعات حاصل از انجام این مطالعات در مقایسه با روش‌های حفاری، مستلزم صرف زمان و هزینه به مراتب کمتری است.

۳-۱- معرفی روش‌های ژئوفیزیکی انجام‌شده در ساختگاه

در مطالعه حاضر از روش اندازه‌گیری میدان پتانسیل مقاومت‌ویژه و پلاریزاسیون القایی IP-RS استفاده شده است.

۴-۱- ویژگی‌ها و معرفی روش‌های ژئوفیزیکی

شیوه مطالعه مبتنی بر هندسه معادن، شامل بررسی ژئوفیزیکی خواهد بود که باتوجه به ضخامت رسوبات و همچنین خشک بودن لایه‌های هوازده، استفاده از روش‌های ژئوالکتریک نیز منوط به ارسال جریان با شار قوی است. از این‌رو نیازمند انتخاب روش پلاریزاسیون القایی و برداشت‌های مقاومت‌ویژه با منبع انرژی بالا هستیم. نکته حائز اهمیت دیگر آن است که باتوجه به گسل‌ها و همچنین وجود کانسارهای فلزی جهت تعیین و تدقیق محل بی‌هنجاری‌های ژئوفیزیکی، پیاده‌سازی عملیات برداشت پتانسیل می‌تواند مکمل طرح اجراشده باشد. در کنار تمامی این مسائل، مطالعه ساختاری زمین‌شناسی در محدوده موردنظر از منظر ژئوفیزیکی به‌عنوان مکمل و همچنین تعیین‌کننده صحت کار، ضروری به نظر می‌رسد.

در این مرحله ضمن جمع‌آوری اطلاعات موجود باتوجه به هدف از انجام عملیات، علاوه بر مشخص‌سازی روشی که باید کار ژئوفیزیکی انجام شود، با دانستن ابعاد تقریبی هدف و نیز توجه به شرایط زمین‌شناسی، توپوگرافی و نحوه دسترسی به منطقه، شیوه انجام عملیات صحرایی طراحی می‌گردد. به‌عنوان مثال در اکتشاف مسیر گسل اگر بر فرض گسل به‌شکل خط باشد، اندازه‌گیری‌های ژئوفیزیکی باید در روندی عمود بر امتداد گسل باشد؛ یا اگر در شرایط زمین‌شناسی رسوبی، رخساره‌ها از لایه‌بندی‌ها تبعیت می‌کند، پروفیل‌های اندازه‌گیری باید عمود بر روند زمین‌شناسی انتخاب گردد.

روش‌های ژئوفیزیکی متفاوت بر اساس خواص فیزیکی مختلف استوار و به خواص فیزیکی مختلف حساس هستند. در هر مطالعه انتخاب روش مناسب بسیار حائز اهمیت است. هدف اصلی عمده روش‌های الکتریکی، اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی زمین است. همان‌طور که می‌دانیم، یکی از اساسی‌ترین ایراداتی که اغلب به اکتشافات با استفاده از روش‌های ژئوفیزیکی وارد است، عدم انطباق نتایج به‌دست‌آمده از این روش‌ها با واقعیت است. از آنجایی که اساس این روش‌ها خواص فیزیکی مواد است و با توجه به این که مواد مختلف، از لحاظ خواص مختلف فیزیکی متفاوت می‌باشند، لذا استفاده از دو یا چند روش ژئوفیزیکی و تلفیق نتایج آن‌ها می‌تواند به نتایجی برسد که به واقعیت نزدیک‌تر باشند.

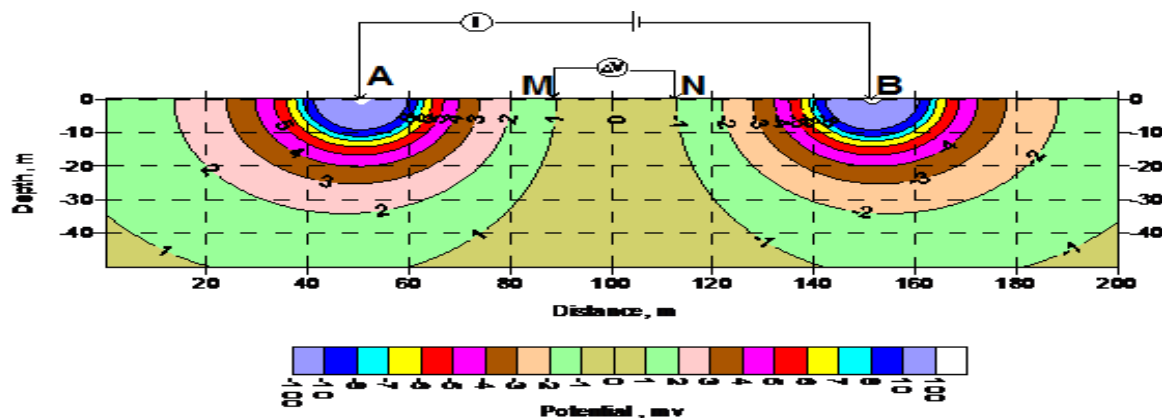
۱-۴-۱- روش مقاومت ویژه الکتریکی

یکی از روش‌هایی که سال‌ها در تحقیقات زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش توموگرافی مقاومت الکتریکی است. این روش بر این فرض استوار است که خاک و سنگ‌ها و همچنین سایر مواد، جریان الکتریسیته را هدایت می‌کنند. همان‌طور که توسط مطالعات قبلی نشان داده شده است (آرچی، ۱۹۴۲؛ ابوحسنین و همکاران، ۱۹۹۶؛ فوکوه و همکاران، ۲۰۰۱؛ ساموئلیان و همکاران، ۲۰۰۵؛ فریدمن، ۲۰۰۵) این روش تحت تأثیر محتوای رطوبت خاک و اشباع آب، تخلخل و سطح آلودگی آب در منافذ خاک، به‌ویژه نمک است (اسفهان‌ی و زاخم، ۲۰۱۳؛ گرجیو و همکاران، ۲۰۱۸؛ کامپانلا و ویمس، ۱۹۹۰).

از نظر الکتریکی، ناهنجاری‌های با مقاومت ویژه کم، ممکن است به دلیل محتوای زیاد املاح در سیال منفذی، وجود رس، دانه‌ریز بودن ذرات و یا ترکیبی از این عوامل باشند. بر این اساس، قبل از گسیختگی زمین می‌توان مناطق مستعد گسیختگی را با روش‌های مقاومت ویژه مشخص کرد. علت استفاده از روش ژئوالکتریک، قدرت تفکیک بالای این روش برای شناسایی لایه‌های آبدار در گستره شکستگی است که موضوعی مهم در تسریع حرکت آب زیرزمینی است. هدایت الکتریکی سنگ‌ها به‌طور کلی به جنس کانی‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها بستگی دارد. در صورتی که سنگ کاملاً متراکم باشد، مقاومت ویژه الکتریکی زیادی خواهد داشت اما با توجه به خلل و فرج موجود در سنگ‌ها، میزان مقاومت ویژه الکتریکی آن‌ها می‌تواند کاملاً متغیر باشد. بنابراین عوامل مؤثر در هدایت الکتریکی یا به عبارت دیگر مقاومت ویژه الکتریکی آن‌ها عبارت‌اند از:

- ✓ حجم خلل و فرج موجود در سنگ و میزان شکستگی‌ها،
- ✓ وضع قرار گرفتن خلل و فرج سنگ و چگونگی ارتباط آن‌ها با یکدیگر،
- ✓ حجمی از خلل و فرج سنگ که حاوی آب است،
- ✓ قابلیت هدایت الکتریکی آب موجود در سنگ و
- ✓ جنس کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ.

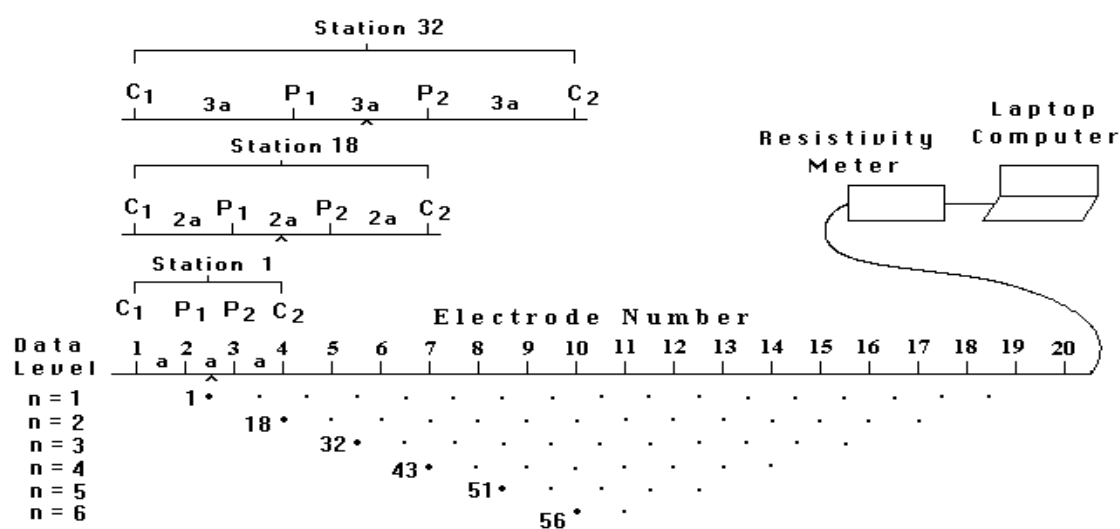
در بسیاری از شرایط زمین‌شناسی، برداشت‌های دوبعدی به روش ERT می‌تواند نتایج مفیدی را به دست دهد که متمم و تکمیل‌کننده نتایج به دست آمده با دیگر روش‌های ژئوفیزیکی است. به منظور به دست آوردن مقاومت ویژه ظاهری، جریان الکتریکی مستقیم یا متناوب با فرکانس پایین (ایجاد شده توسط باتری یا دستگاه مولد) از طریق دو الکترود نصب شده (A, B) در سطح زمین به داخل زمین فرستاده می‌شود. ولتاژ حاصل از این جریان در داخل زمین به وسیله دو الکترود (M, N) اندازه‌گیری می‌شود. در شکل ۱-۱ شمایی از انجام عملیات ژئوالکتریک نشان داده شده است. در این شکل خطوط جریان و هم‌پتانسیل در اطراف دو الکترود جریان نشان داده شده است.



شکل ۱-۱- تصویر شماتیک از خطوط هم‌پتانسیل در عملیات مقاومت سنجی.

پیمایش‌های ERT دوبعدی معمولاً با استفاده از تعداد زیادی الکترود انجام می‌گیرد که متشکل از یک کابل چند رشته‌ای و جعبه سوئیچ الکترونیکی است که با انتخاب چهار الکترود (۲ الکترود جریان و ۲ الکترود پتانسیل) اندازه‌گیری‌ها انجام می‌شود. در شکل ۱-۲ نحوه برپا کردن خط پیمایش معمول برای برداشت توموگرافی با تعداد ۲۰ الکترود در طول خط مستقیم متصل به یک کابل چند رشته‌ای را نشان می‌دهد. به طور معمول یک مقدار ثابت به عنوان فاصله‌ی الکترودی بین الکترودها در نظر گرفته می‌شود که در روابط مربوطه با کمیت a نشان داده می‌شود.

کابل چندرشته‌ای به سوئیچ الکترونیکی متصل است و سوئیچ نیز به دستگاه اندازه‌گیری متصل است. برداشت‌های توموگرافی از طریق آرایه‌های مختلف و با اهداف متفاوت انجام می‌گیرد که در هر یک از این آرایه‌ها، نوع چیدمان الکترودهای جریان و پتانسیل متفاوت است. آرایه‌هایی که بیشترین کاربرد را در برداشت‌های توموگرافی دارند شامل ونر-شلومبرژه و دو قطبی-دو قطبی و قطبی-دوقطبی می‌باشند که در این مطالعات به‌منظور دستیابی به وضعیت لایه‌بندی و گسلش و عمق ماده معدنی احتمالی در هر پروفیل، از روش پل-دایپل استفاده شده‌است.

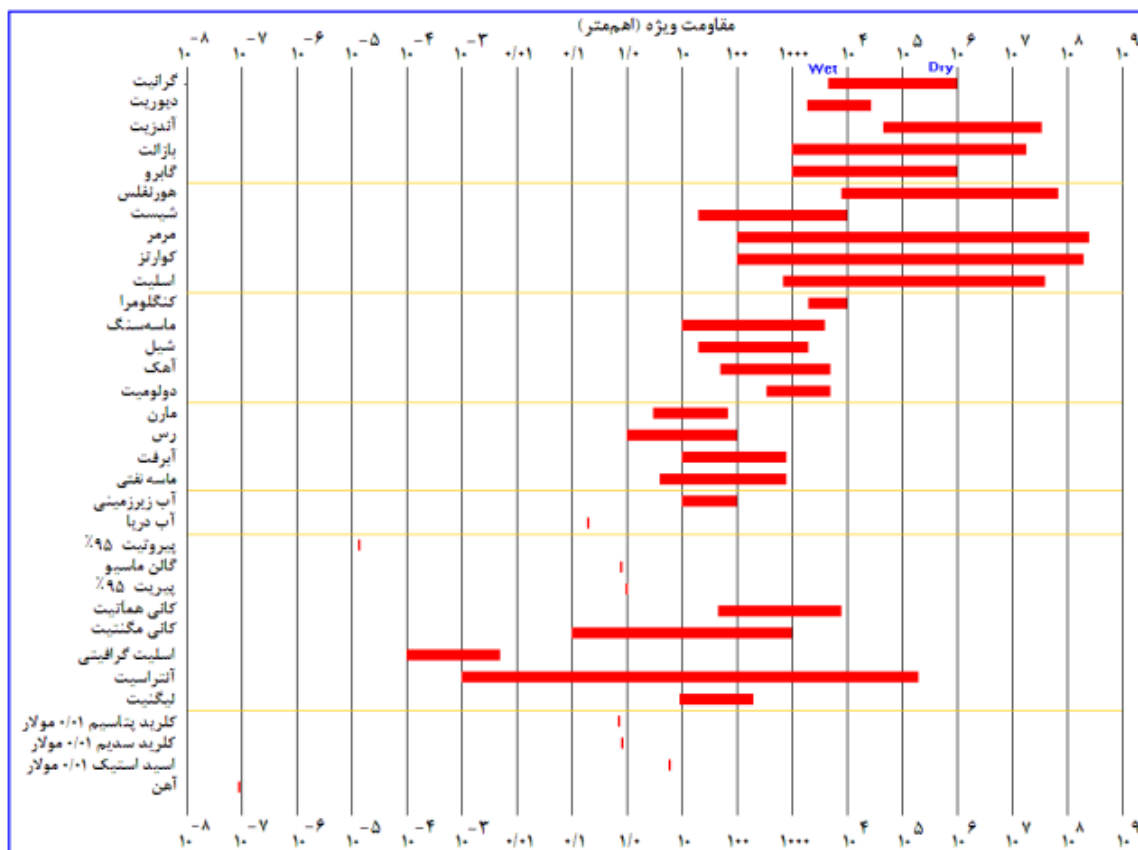


Sequence of measurements to build up a pseudosection

شکل ۲-۱- ترتیب قرارگیری الکترودها برای پیمایش دوبعدی به روش توموگرافی الکتریکی.

داده‌های حاصل از برداشت‌های صحرایی شامل ولتاژ و شدت جریان می‌باشد و از روی روابط تئوری مربوطه، مقاومت ظاهری محاسبه می‌شود؛ سپس از طریق برنامه‌های رایانه‌ای و با استفاده از مدل‌های مستقیم (Forward) و مدل‌های معکوس (Inversion) مقاومت حقیقی لایه‌های زیرسطحی به‌دست می‌آید. در جدول ۱-۱ مقاومت ویژه الکتریکی برخی از انواع مواد طبیعی زمین درج شده‌است.

جدول ۱-۱- مقاومت ویژه الکتریکی برخی از انواع مواد طبیعی زمین



۲-۴-۱- روش پلاریزاسیون القایی

این روش برای اولین بار در سال ۱۹۲۰ روی توده‌های سولفور اعمال گردید. هنگامی که جریان الکتریکی از نوع مستقیم DC و یا متناوب AC با فرکانس خیلی کم حدود ۰/۱ هرتز به زمین فرستاده می‌شود، انرژی الکتریکی در داخل سنگ‌ها براساس فرایندهای الکتروشیمیایی ذخیره می‌شود. اگر در یک زمان معین جریان الکتریکی به زمین ارسال گردد، پتانسیلی برابر VMN در آن ایجاد می‌شود. حال اگر جریان را قطع شود پتانسیل ایجاد شده در زمین بعد از مدت زمانی به صفر خواهد رسید؛ این پدیده که تا چند ثانیه طول می‌کشد IP نامیده می‌شود و معلول دو علت است که عبارتند از:

۱. - در اثر نفوذ جریان الکتریکی، کانی‌هایی که دارای قابلیت هدایت فلزی هستند، پلاریزه شده و هنگام قطع جریان الکتریکی بارهای ذخیره شده در اطراف کانی‌های پلاریزه شده، تخلیه می‌شوند. کانی‌هایی نظیر پیریت، کالکوپیریت، گالن و به‌طور کلی سولفورها (به‌جز سولفور روی) و بعضی اکسیدها مثل مانیتیت که در سنگ‌ها وجود دارند، می‌توانند منشأ IP باشند.
۲. - یک نوع پلاریزاسیون دیگر ناشی از ذرات رسی است که دارای بار منفی می‌باشند و بارهای مثبت یون‌های الکترولیت اطراف خود را جذب می‌نمایند و اگر رس تحت تأثیر جریان الکتریکی قرار گیرد بارهای مثبت جابه‌جا می‌گردند و در هنگام قطع جریان مجدداً به حالت اولیه خود بر می‌گردند که حرکت این یون‌ها منشأ IP می‌گردد.

بدین ترتیب معلوم می‌شود که هر چه سطح مواد معدنی هادی یا ذرات رسی که تحت تأثیر جریان قرار می‌گیرند زیاد باشد، پلاریزاسیون بیشتری انجام شده و پدیده IP قوی‌تر خواهد شد. در نتیجه اگر کانی هادی به‌صورت پراکنده در سنگ موجود باشد (حالت پورفیری) پدیده IP نیز قوی‌تر خواهد بود. طول مدت دوام ولتاژ رو به زوال IP در داخل زمین به عواملی مثل جنس و ساخت سنگ‌ها، تخلخل، نفوذ پذیری، قابلیت هدایت الکتریکی، کانی‌های فلزی و قابلیت هدایت الکترولیت موجود در حفرات سنگ‌ها بستگی دارد.

هر چه ماده معدنی هادی‌تر و درصد آن بیشتر و پراکنده‌تر (دیسیمینه‌تر) در متن سنگ میزبان باشد IP بزرگ‌تر خواهد، زیرا در این حالت سطح تماس جهت تبادل الکترونی - یونی به حداکثر خواهد رسید.

آنچه که مسلم است تغییرات IP رابطه مستقیم با وجود یا عدم وجود مواد پلاریزه شونده در زمین دارد. چنان که در ناحیه‌ای مواد پلاریزه شونده وجود داشته‌باشد، منحنی دشارژ دارای شیب ملایم و اگر عاری از مواد پلاریزه

شونده باشد منحنی دشارژ دارای شیب تند خواهد بود و در حقیقت مساحت زیر منحنی دشارژ در یک محدوده زمانی معین، رابطه مستقیم با وجود و یا عدم وجود مواد پلاریزه شونده در زمین دارد. بر مبنای اندازه‌گیری مساحت زیر منحنی دشارژ در یک فاصله معین زمانی دستگاه‌های اندازه‌گیری IP ساخته شده‌است. گذشته از خطاهای دستگاهی به دلیل شرایط خاص زمین‌شناسی، خطاهایی در اندازه‌گیری بارپذیری مصالح طبیعی بروز می‌کند که از جمله آن‌ها به موارد زیر می‌توان اشاره نمود:

۱. پلاریزاسیون غشایی

این پلاریزاسیون در سنگ‌هایی که درصد ناچیزی از کانی‌های رسی در آنها پخش شده باشد، ظهور می‌کند خصوصاً در سنگ‌های متخلخل و نفوذپذیری که رس در قسمتی از مسیر تخلخل مؤثر حاوی الکترولیت قرار می‌گیرد، مقدار پلاریزاسیون غشایی افزایش می‌یابد. از آنجا که در حین اندازه‌گیری نمی‌توان اثر پلاریزاسیون غشایی را از پلاریزاسیون فلزی تشخیص داد، پلاریزاسیون غشایی در اکتشاف ذخایر معدنی فلزی پارازیت محسوب می‌شود.

ولی همان طور که قبلاً اشاره کردیم این پلاریزاسیون در اکتشاف گسلش‌های پنهان در حوضه‌های رسوبی با تغییر میزان رس و سیلت و در منابع آب‌های زیرزمینی که سنگ کف آنها از نوع رسی باشد، مفید خواهد بود. برای تشخیص وجود پلاریزاسیون مربوط به رس‌ها باید از زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه هم کمک گرفت.

۲. کوپلینگ القای الکترومغناطیسی

اثرات القای الکترومغناطیسی باعث انحراف پتانسیل مربوط به بارپذیری می‌گردد. این انحراف ناخواسته هنگامی که طول خط جریان زیاد است و زمین هم دارای هدایت‌ویژه قابل توجهی است، محسوس بوده و باعث خطای زیادی در اندازه‌گیری‌های بارپذیری می‌شود.

۳. بارپذیری منفی

گاهی در اندازه‌گیری‌های بارپذیری مقادیر منفی به دست می‌آید به این معنی که بعد از قطع جریان ولتاژ ظاهر شده بین الکترودهای پتانسیل، دارای جهت مخالف با ولتاژ اولیه قبل از قطع جریان است. عاملی که باعث شکل‌گیری این پدیده می‌شود، ممکن است ناشی از تأثیر خطوط برق، تلفن و یا ناهمگنی‌های جانبی باشد.

اولین راه اندازه‌گیری ولتاژ روبه‌زوال IP حوزه زمان (Time- Domain) می‌باشد که خود به اشکال گوناگون صورت می‌گیرد که بستگی به نوع دستگاه‌های اندازه‌گیری دارد. در این روش کمیت را در یک زمان معین (T)

پس از قطع جریان اندازه‌گیری می‌کنند و نسبت آن را به Vs (ولتاژ اندازه‌گیری شده در زمان TO) با واحد میلی ولت بر ولت نشان می‌دهند. در این طریق زمان T درست کمی بعد از جریان TO انتخاب می‌شود تا اثر جریان الکترومگنتیک ثانویه از بین برود؛ از سوی دیگر زمان T نباید زیاد طولانی باشد، زیرا ممکن است افت پتانسیل IP آنقدر زیاد باشد که به حد پارازیت برسد.

دومین راه اندازه‌گیری، اندازه‌گیری شارژپذیری ظاهری در حوزه فرکانس (FrequencyDomain) است که در این روش تغییرات مقاومت ویژه ظاهری در فرکانس‌های مختلف اندازه‌گیری می‌گردد که در بحث این گزارش جای ندارد.

در جدول ۱-۲ شارژپذیری برخی از انواع مواد طبیعی زمین درج شده است.

جدول ۱-۲- شارژپذیری برخی از انواع مواد طبیعی زمین

نوع مصالح	مقدار شارژ پذیری	نوع مصالح	مقدار شارژ پذیری
پرلیت	۱۳.۴	ماسه سنگ / سیلتستون	۵۰۰-۱۰۰
مس	۱۲.۳	سنگ ولکانیکی متراکم	۵۰۰-۱۰۰
کلکوپیریت	۹.۴	شیل	۵۰-۱۰۰
مگنتیت	۲.۲	گرانیت-گرانودیوریت	۵۰-۱۰
هماتیت	۰	آهک - دولومیت	۲۰-۱۰
۲۰ درصد سولفید	۳۰۰۰-۲۰۰۰	آلومینیوم	۴-۱
۲۰-۸ درصد سولفید	۲۰۰۰-۱۰۰۰	شن	۹-۳
۸-۲ درصد سولفید	۱۰۰۰-۵۰۰	توف ولکانیکی	۸۰۰-۳۰۰

مطالعه عوارض عمقی زمین که بارزترین نمونه آن‌ها لایه‌بندی نسبتاً موازی با سطح افق می‌باشد، با بررسی تغییرات عمقی مقاومت ویژه ظاهری صورت می‌گیرد. این بررسی‌ها با آرایش‌های الکترودی مختلف صورت می‌پذیرد. تکنیک‌ها و چیدمان بسیار متفاوتی برای منظوره‌های متفاوت در روش‌های ژئوالکتریکی به کار گرفته می‌شود. در آرایش دایپل-دایپل، الکتروده‌های فرستنده و گیرنده با فواصل مساوی نسبت به یکدیگر قرار می‌گیرند. از این نوع آرایش برای مطالعه و بررسی تغییرات و گسترش بی‌هنجاری در عمق و به دست آوردن شبه‌مقاطع مقاومت‌ظاهری و مدل‌سازی دوبعدی در مسیر یک پروفیل استفاده می‌شود. پیشرفت‌های علمی و مقایسه مدل‌سازی‌های انجام شده با واقعیات زمین‌شناسی بر روی مقاطع نشان داد که عمق نفوذ مؤثر و واقعی

جریان الکتریکی از یک قاعده کلی ریاضی تبعیت نمی‌کند. ضرایب نفوذ مؤثر جریان الکتریکی که مترادف با عمق واقعی تجسس می‌باشد در شکل ۳-۱ نشان داده شده است.



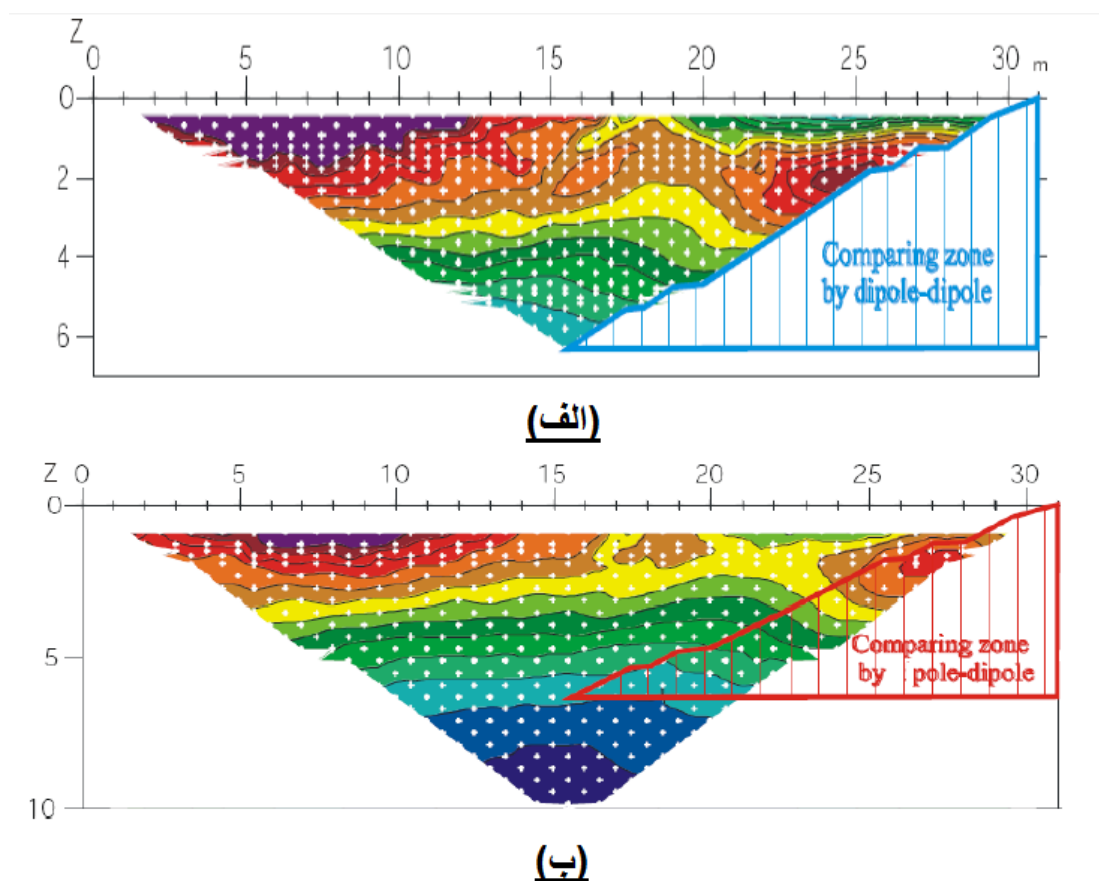
شکل ۳-۱- نمودار ضریب عمق تجسس واقعی آرایش دایپل-دایپل و پل-دایپل برای قرائت‌های ۱۰ گانه.

چنانچه در شکل ۳-۱ مشاهده می‌شود، به ازای $n=10$ ، حداکثر عمق تجسس واقعی برای آرایه دایپل-دایپل معادل $2.8a$ و برای آرایه پل-دایپل معادل $4.015a$ می‌باشد (a معادل طول الکترودهای AB و یا MN در آرایش‌های مذکور و برحسب متر است). محاسبه مقاومت‌ظاهری برای آرایش دایپل-دایپل با فرمول زیر انجام می‌شود:

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I}; \quad K = \pi * a * n * (n + 1)(n + 2)$$

آرایش پل-دایپل مشابه آرایش دایپل-دایپل بوده ولی با این تفاوت که یک الکترود جریان در بی‌نهایت واقع می‌شود. مکان الکترود بی‌نهایت ۵ برابر فاصله الکترودی و به صورت عمود بر سایر الکترودها می‌باشد. بیشترین کاربرد این روش، اکتشاف توده‌های عمودی در اعماق بالا می‌باشد. پوشش افقی این آرایش نسبتاً خوب و قدرت سیگنال در آن در قیاس با آرایه دایپل-دایپل بیشتر است. بیشتر بودن قدرت سیگنال نسبت به آرایه دایپل-دایپل و پایین تر بودن جفت‌شدگی الکترومغناطیسی به دلیل جدایش مدارهای گیرنده و فرستنده، این آرایه را بهترین گزینه برای کاوش‌های عمیق ساخته است. با توجه به مزایای ذکر شده برای این آرایه، مطالعات IP-RS در محدوده

مورد مطالعه توسط این آرایه اجرا گردید. در شکل ۴-۱ آرایش دایپل-دایپل و پل-دایپل با یکدیگر مقایسه شده‌اند. مقاطع شارژپذیری نمایش داده شده مربوط به یک پروفیل است که یکبار با روش دایپل-دایپل و بار دیگر با روش پل-دایپل اندازه‌گیری شده‌است. چنانچه ملاحظه می‌شود، تفکیک لایه‌ها در روش دایپل-دایپل آسان‌تر و واضح‌تر از روش پل-دایپل می‌باشد. همچنین داده‌ها از نزدیکی سطح تا عمق موردنظر برداشت می‌شود؛ در حالی که در روش پل-دایپل عمق اکتشاف و نیز گسترش جانبی مقطع بیشتر می‌باشد.

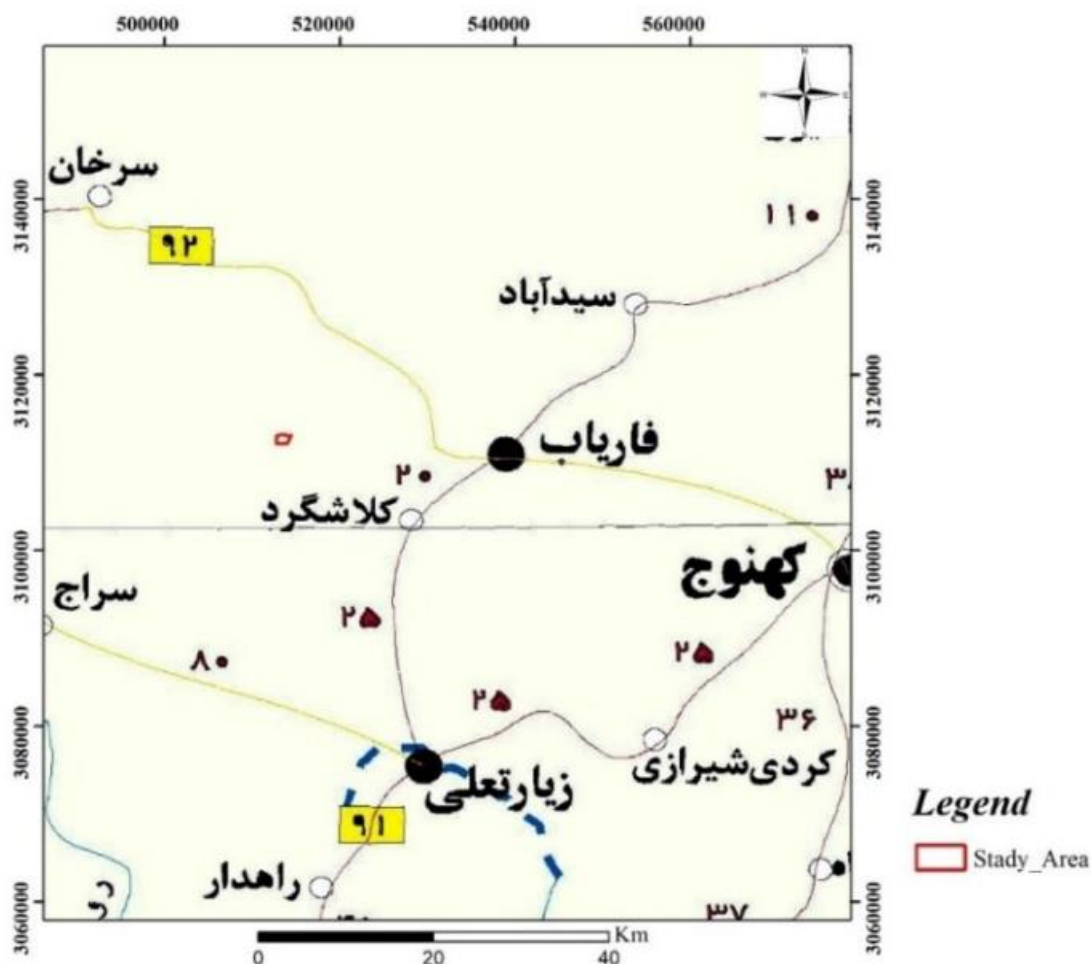


شکل ۴-۱- مقطع شارژپذیری آرایش (الف): دایپل-دایپل و (ب): پل-دایپل.

۲ - فصل دوم: عملیات میدانی ژئوفیزیک

۲-۱- موقعیت و زمین‌شناسی منطقه

محدوده مورد مطالعه مطابق شکل زیر، از نظر تقسیمات کشوری در استان کرمان و شهرستان فاریاب قرار می‌گیرد.



شکل ۲-۱- محل قرارگیری منطقه مورد مطالعه که در تقسیمات کشوری در فاریاب واقع شده است (برگرفته از گزارش پی جویی دکتر تقی‌پور، ۱۴۰۴).

براساس مطالعات زمین‌شناسی محدوده که توسط تیم فنی کارفرمای محترم تهیه و تدوین شده است، محدوده اکتشافی مورد نظر عمدتاً از واحدهای دگرگونی به سن پالئوزوئیک تشکیل شده است که به‌طور دگر شیب توسط سنگ‌های آهکی کرتاسه پوشیده می‌شوند. بر اساس مطالعات صحرایی و پتروگرافی، سنگ‌های دگرگونی منطقه شامل طیف گسترده‌ای از شیست‌ها (شامل موسکویت شیست، گرافیت-موسکویت شیست، موسکویت کالک شیست، بیوتیت-موسکویت-گارنت شیست و اپیدوت-آمفیبول شیست)، آمفیبولیت و مرمر هستند. درجه دگرگونی در بخش‌های شمال غربی افزایش یافته و به رخساره آمفیبولیت می‌رسد.

مطالعات ساختاری در منطقه منجر به شناسایی ۱۱۰ شکستگی و گسل عمده گردید که روند غالب آنها شمال غربی-جنوب شرقی و شمال شرقی-جنوب غربی است. بیشتر این گسل‌ها عملکرد نرمال داشته و واحد کربناته را بریده‌اند. در دیواره برخی از صفحات گسلی، کانی‌سازی اکسید آهن (لیمونیت و هماتیت) مشاهده می‌شود. مهمترین کانی‌زایی فلزی در منطقه، رخداد هماتیت اولیه (اسپیکولاریت) در افق‌های شیستی به موازات شیستوزیته در بخش شمال شرق محدود است که ضخامت بین نیم تا یک متر و طول تا ۵۰۰ متر دارد. عدسی‌های سیلیسی متعددی به ابعاد مختلف (از چند سانتی‌متر تا بیش از دو متر) در داخل سنگ‌های دگرگونی و عمدتاً هم‌راستا با شیستوزیته تشکیل شده‌اند. این عدسی‌ها اغلب با اکسیدهای ثانویه آهن همراه هستند. سنگ‌های آهکی کرتاسه در بخش‌های مرکزی و شرقی محدوده رخنمون داشته و عمدتاً از نوع آهک‌های کریستالین سفید تا خاکستری (فاقد فسیل) تشکیل شده‌اند که برای مصارف صنعتی نظیر تولید پودر میکرونیزه پتانسیل دارند (برگرفته از گزارش زمین‌شناسی ۱/۵۰۰۰ محدوده فاریاب).

۲-۲- بخش شمال شرقی محدوده اکتشافی

براساس گزارش زمین‌شناسی ۱/۵۰۰۰، این بخش با مساحت ۱۲ هکتار به‌عنوان اولویت اول اکتشافی منطقه معرفی شده است. مهمترین ویژگی آن رخداد افق‌های شیستی دارای کانی‌زایی هماتیت اولیه از نوع اسپیکولاریت می‌باشد که به موازات شیستوزیته سنگ‌های دگرگونی تشکیل شده‌اند. ضخامت این افق‌های کانی‌زا بین نیم تا یک متر متغیر بوده و طول آنها تا حداکثر ۵۰۰ متر ادامه دارد. این رخدادها به‌دلیل رنگ تیره‌شان از سایر افق‌های سنگی منطقه قابل تفکیک بوده و توسط گسل‌های متعددی دچار جابه‌جایی شده‌اند. روند کلی این الیه‌های آهن‌دار شمالی-جنوبی با شیب ملایم به سمت شرق می‌باشد.

بر اساس اطلاعات مندرج در گزارش، نتایج آنالیزهای انجام شده در بخش شمال شرقی محدوده به شرح زیر است:

✓ طلا (Au): یک نمونه از عدسی کوارتزی دارای اکسیدهای آهن که در داخل سنگ دگرگونی این بخش برداشت شده بود، بیشترین مقدار طلا در کل محدوده را با عیار ۴۱ (ppb) نشان داد. این مقدار در گزارش به‌عنوان بالاترین عیار طلا ثبت شده است که در در مجموع عیار طلا در نمونه‌های برداشت شده از عدسی‌های سیلیسی پایین ارزیابی شده و به‌عنوان آنومالی قابل توجه در نظر گرفته نشده است.

✓ آرسنیک (As): به عنوان یک عنصر ردیاب برای طلا، در نمونه‌های آنالیز شده از کل محدوده حداکثر عیار ۳۴ (ppm) را نشان داد که به طور کلی پایین می‌باشد. گزارش زمین‌شناسی ۱/۵۰۰۰ نتیجه گرفته که احتمالاً به همین دلیل، عیار طلا نیز پایین بوده است.

✓ مطالعات کانی‌شناسی: مهمترین نتیجه در بخش شمال شرقی، شناسایی کانی هماتیت اولیه (اسپیکولاریت) در مطالعه مقاطع صیقلی بوده است.

✓ XRF شایست هماتیت‌دار: یک نمونه از شایست دارای هماتیت مورد آنالیز XRF قرار گرفت. نتایج نشان داد که این نمونه بیش از ۷۵ درصد SiO_2 (سیلیس) و حدود ۱۲ درصد Fe_2O_3 (اکسید آهن) دارد.

✓ عناصر پایه (مس، سرب، روی): در بخش شمال شرقی نیز نمونه‌های حاوی مس، سرب و روی با عیارهای قابل توجه گزارش شده‌اند.

✓ از نظر کانی‌سازی طلا، پتانسیل چندانی در منطقه وجود ندارد. اگرچه یک نمونه از عدسی سیلیسی در بخش شمال شرقی عیار ۴۱ (ppb) را نشان داد، اما این مقدار به تنهایی نمی‌تواند به عنوان یک آنومالی اقتصادی مطرح باشد. پایین بودن عیار آرسنیک نیز (حداکثر ۳۴ ppm) به عنوان عنصر ردیاب طلا نیز این موضوع را تأیید می‌کند و نشان می‌دهد که سیستم کانی‌سازی طلا در منطقه از توسعه چندانی برخوردار نبوده است.

لذا به منظور آخرین مرحله از بررسی‌های اکتشافی محدوده، روش پلاریزاسیون القایی IP/RS توسط تیم فنی اکتشافی کارفرمای محترم انتخاب گردید. پاسخ به چالش‌هایی همچون ماهیت کانی‌سازی در بخش شمال شرقی که عمدتاً شامل هماتیت اولیه (اسپیکولاریت) در افق‌های شایستی و عدسی‌های سیلیسی که دارای اکسید آهن می‌باشد، انجام روش IP/RS می‌تواند نتایج تکمیلی قابل توجهی را به همراه داشته باشد. در ادامه اطلاعات تکمیلی درمورد دستگاه برداشت روش IP/RS ارائه شده است.

۳-۲- فرستنده (IP-transmitter)

وظیفه این دستگاه تبدیل جریان الکتریکی متناوب ۲۲۰ ولت ۵۰ هرتز ورودی از موتور برق به جریان الکتریکی مستقیم مربعی و پس تقویت ارسال آن متناسب با تنظیمات زمانی است. از مهمترین خصوصیات این دستگاه به طور اختصار می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- تقویت ولتاژ با طیف‌های متعدد از ۱۵۰ ولت تا ۲۴۰۰ ولت.

- توانایی ارسال جریان الکتریکی تا ۱۰ آمپر نیز از ویژگی‌های مهم این ترانسمیتر است. هر چند در عمل هیچ‌گاه لزومی برای ارسال چنین آمپر زیادی به زمین وجود ندارد، اما این مسئله در زمین‌های بسیار هادی ممکن است با حداقل ولتاژ (۱۵۰ ولت) جریان الکتریکی تا ۱۰ آمپر نیز در زمین جریان یابد. در چنین حالتی به دستگاه آسیب نخواهد رسید.
 - این دستگاه در حوزه زمان کار می‌کند. بر این اساس امکان تنظیم ارسال جریان مستقیم الکتریکی در فواصل زمانی ۱ و ۲ و ۴ و ۸ ثانیه نیز امکان‌پذیر است. در مناطق شیلی و رسی از ۱ ثانیه و در مناطقی که میزان شارژپذیری بسیار کم باشد، از زمان‌های بالاتر استفاده می‌شود. تجربه ثابت کرده، برای اکتشاف مناطق سولفوری در اکثر مناطق کشور زمان ۲ ثانیه مناسب‌ترین زمان برای این سیستم می‌باشد.
 - امکان بررسی کیفیت اتصال الکترودهای جریان با زمین. قبل از شروع اندازه‌گیری لازم است کیفیت اتصال الکترودها مورد بررسی قرار گیرد. مقاومت الکتریکی بین الکترودهای فرستنده جریان بر روی صفحه نمایش دستگاه قابل اندازه‌گیری و مشاهده است.
 - کارکرد بسیار ساده، چراغ‌های علائم خطاها و صفحه نمایش دیجیتال برای نمایش آمپر ارسالی و نیز توان مورد استفاده، از مزایای مهم این دستگاه است.
- سبکی، پوشش مقاوم در برابر حرارت، رطوبت، خاک و ضربه و نیز حجم کم در مقایسه با سایر ترانسمیترهای ساخت شرکت‌های معتبر (با توجه به توان خروجی آنها) و حمل آسان از دیگر امتیازات این دستگاه به‌شمار می‌رود.

۴-۲- گیرنده مدل (GRx-16)

- وظیفه این سیستم دریافت کلیه اطلاعات مورد نیاز از الکترودهای پتانسیل نصب‌شده بر روی زمین است. این سیستم خود از دو دستگاه تشکیل شده است.
- ۱- دستگاه دریافت: دستگاه دریافت اطلاعات در هر لحظه از ۱۷ الکترودها به‌طور همزمان اطلاعات را دریافت می‌کند. بنابراین در هر لحظه اطلاعات ۱۶ کانال ثبت می‌گردد. برای مثال اگر الکترودهای ۱ تا ۱۷ به این بخش اطلاعات برسانند، اطلاعات کانال ۱ (اطلاعات بین الکترودها ۱ و ۲) و کانال ۲ (اطلاعات بین الکترودها ۲ و ۳) و ... به‌طور همزمان در حافظه ذخیره می‌گردد. به این ترتیب راندمان کار ۱۶ برابر می‌شود.

۲- نرم افزار پردازشی: از طریق بلوتوث و یا کابل RS232 اطلاعات رسیور را دریافت نموده و پس از پردازش اولیه اطلاعات، به صورت داده های رقمی در حافظه خود ذخیره می نماید. این بخش با سیستم عامل ویندوز موبایل کار می کند. با اجرای برنامه تخصصی این سیستم امکانات بسیار متعددی در اختیار کاربر قرار می گیرد. از جمله مهمترین آن می توان به موارد زیر به اختصار اشاره نمود:

تعیین نوع آرایش مورد استفاده.

امکان بررسی کیفیت اتصال الکترودهای پتانسیل با زمین قبل از شروع اندازه گیری.

تعیین موقعیت الکترودهای پتانسیل از نظر مسافتی نسبت به ابتدای پروفیل و معرفی آن به سیستم جهت محاسبه خودکار ضریب K که در تعیین مقاومت ویژه ظاهری به کار می رود.

تقسیم منحنی دشارژ به ۲۰ پنجره زمانی جهت محاسبه دقیق میزان شارژپذیری (IP). در بسیاری از دستگاه های اندازه گیری IP ساخت شرکت های معتبر معمولاً سطح زیر منحنی دشارژ به ۳ پنجره در مدل های ساده و تا ۱۴ پنجره در مدل های پیشرفته تر تقسیم می شود. اما با پیشرفت تکنولوژی برای افزایش دقت میزان اندازه گیری، در این دستگاه سطح زیر منحنی دشارژ به ۲۰ پنجره زمانی تقسیم شده است. به همین دلیل دقت اندازه گیری برای IP تا هزارم میلی ولت بر ولت و برای RS هزارم میلی ولت می باشد. این امکان وجود دارد تا کاربر هنگام اندازه گیری، تغییرات منحنی دشارژ را برای هر کانال به صورت جداگانه بر روی صفحه نمایشگر مشاهده کند. گاهی نویزهای محیطی سبب نامنظم شدن منحنی دشارژ می شود. در چنین حالتی علاوه بر اینکه میزان عددی خطا بالاتر از ۱ خواهد شد، شکل منحنی دشارژ نیز منطقی و منظم نخواهد بود. از سوی دیگر در مواردی که بی هنجاری ناشی از وجود سولفور (عامل شارژ پذیر) شدید باشد، طبیعی است میزان عددی درصد سیگنال به نویز کاهش یافته و عدد SD نیز افزایش یابد. در چنین حالتی اگر ریتم و نظم کاهش منحنی دشارژ حفظ شده باشد، با اطمینان می توان عدد پارامترها را با داشتن SD بالاتر از ۱ قبول نمود. به طور خلاصه امکان نمایش منحنی دشارژ برای اطمینان از صحت اندازه گیری بسیار ارزشمند بوده و بر افزایش کیفیت داده برداری مؤثر است. در نهایت داده های ذخیره شده در حافظه را می توان با استفاده از نرم افزار واسطه ای که بر روی رایانه نصب می شود، از طریق بلوتوث و یا کابل USB از پردازشگر به رایانه منتقل کرد. فرمت های متفاوتی از جمله txt و یا dat و یا حتی با فرمت نرم افزار مدل سازی Res2DInv برای تخلیه اطلاعات در نظر گرفته شده است. همچنین در هر اندازه گیری پتانسیل خودزای زمین (SP) ابتدا به طور دستی خنثی و بعد از حذف این اثر اندازه گیری

انجام می‌شود. علاوه بر دستگاه‌های مذکور تجهیزات جنبی دیگر شامل یک عدد GPS گارمین (برای تعیین مختصات گمانه‌های الکتریکی)، بی‌سیم، کابل‌های رابط و قرقره‌های مربوطه، الکترودهای فلزی، چکش و غیره نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

۵-۲- عملیات داده برداری

مطالعات ژئوالکتریکی به روش IP/RS در محدوده اکتشافی، به منظور بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی و زمین‌ساختی تشکیلات، تعیین شرایط و ویژگی‌های کانی‌سازی، تعیین موقعیت‌های تکتونیکی و غیره صورت گرفته است. در این مطالعه داده برداری IP/RS در امتداد ۶ پروفیل ۲۵۰ تا ۳۳۰ متری در موقعیت گسلش اصلی در بخش جنوبی (۵ پروفیل) و موقعیت لایه هماتیتی در بخش شمالی (۱ پروفیل) اجرا شد. در این پروژه از آرایه پل-دایپل با دو فاصله ۱۰ و ۲۰ متر استفاده شد. در این مطالعه تعداد حدود ۲۳۰۰ داده برداشت شد. اما در مرحله پردازشی، به دلیل شرایط طبیعی زمین و عدم نفوذ جریان کافی و خطاهای محیطی، بخشی از داده‌ها حذف و تعداد ۲۰۰۰ داده سالم به دست آمد.

جدول ۱-۲ حجم و مشخصات داده‌های برداشت شده را ارائه می‌دهد. کابل‌های پتانسیل مورد استفاده در این پروژه نیز از نوع کابل‌های ۱۲ رشته بوده که هر دسته کابل شامل ۱۲ خروجی با فواصل ۱۰ متری است. در این پروژه تعداد ۳ دسته کابل، در طول پروفیل باز می‌شد و زمانی که اپراتور بین دو دست کابل قرار می‌گرفت توسط یک کابل ۱۲ رشته دیگر (رابط) به دسته کابل سوم دسترسی پیدا می‌کرد و عملاً ۳۳ الکترو پتانسیل را پوشش می‌داد. زمانی که اپراتور به همراه دستگاه گیرنده در موقعیت بین دو دسته کابل اول و دوم قرار می‌گرفت عملاً به کل خط مورد نظر مسلط و اجرای آرایه الکترودی به طور همزمان تا ضریب آهنگ ۱۶ در زمان سریع میسر می‌شد. لازم به ذکر است که در وهله اول با توجه به اینکه عمق پیشنهادی از سوی کارفرمای محترم ۵۰ الی ۶۰ متر بوده است، پروفیل اول در روز اول تنها با فاصله ۱۰ متر اجرا شد. پس از بازیابی مقطع و عدم بسته شدن ناهنجاری در عمق، به منظور بسته شدن ناهنجاری IP، پروفیل مورد نظر در روز دوم با فاصله ۱۰ و ۲۰ متر مجدداً برداشت شد.

جدول ۱-۲- مشخصات هر پروفیل در محدوده فاریاب.

شماره پروفیل	طول پروفیل (متر)	آرایه	فواصل الکترودی (متر)	فواصل پرش‌ها (متر)	حداکثر عمق مطالعه (متر)
۱	۱۶۰	پل-دایپل	۱۰	۱۰	۵۰
۱	۳۳۰	پل-دایپل	۱۰-۲۰	۱۰-۲۰	۱۰۰
۲	۳۳۰	پل-دایپل	۱۰-۲۰	۱۰-۲۰	۱۰۰
۳	۳۳۰	پل-دایپل	۱۰-۲۰	۱۰-۲۰	۱۰۰
۴	۳۳۰	پل-دایپل	۱۰-۲۰	۱۰-۲۰	۱۰۰
۵	۲۵۰	پل-دایپل	۱۰-۲۰	۱۰-۲۰	۸۰
۶	۲۵۰	پل-دایپل	۱۰-۲۰	۱۰-۲۰	۸۰

جدول ۲-۲- مختصات هر پروفیل در محدوده فاریاب.

نام پروفیل	مختصات ابتدا (UTM)	مختصات انتها (UTM)	طول پروفیل (متر)
۱	۵۱۴۱۷۴	۵۱۴۰۵۸	۳۳۰
	۳۱۱۲۴۷۳	۳۱۱۲۸۰۳	
۲	۵۱۴۱۶۱	۵۱۳۹۴۵	۳۳۰
	۳۱۱۲۴۴۱	۳۱۱۲۷۱۹	
۳	۵۱۴۲۵۰	۵۱۳۹۱۶	۳۳۰
	۳۱۱۲۶۹۶	۳۱۱۲۶۰۱	
۴	۵۱۴۲۴۱	۵۱۳۹۴۲	۳۳۰
	۳۱۱۲۹۸۰	۳۱۱۲۸۷۷	
۵	۵۱۴۲۱۹	۵۱۳۹۵۵	۲۵۰
	۳۱۱۲۵۹۴	۳۱۱۲۵۹۶	
۶	۵۱۴۱۲۲	۵۱۳۹۵۵	۲۵۰

	۳۱۱۲۶۳۴	۳۱۱۲۸۱۳	
--	---------	---------	--

میزان جریان ارسالی توسط دستگاه فرستنده به داخل زمین به طور مستقیم به میزان کیفیت اتصال الکترودهای جریان بستگی دارد. هر چقدر میزان نفوذ الکترودها به داخل زمین بیشتر باشد و آب بیشتری در اطراف الکترودها استفاده شود، میزان جریان ارسالی بیشتر بوده و کیفیت داده‌ها به خصوص داده‌های IP افزایش می‌یابد. مقدار میانگین جریان ارسال شده به زمین در محدوده مورد مطالعه، برای پروفیل‌های ۶ گانه به طور میانگین ۱۰۰۰ میلی‌آمپر بوده است. بر روی هر پروفیل دو پارامتر بارپذیری ظاهری برحسب میلی‌ولت بر ولت (mv/v) و مقاومت‌ویژه ظاهری بر حسب اهم‌متر اندازه‌گیری شده است. سپس مدل مقاومت‌ویژه و بارپذیری این پروفیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار مدل‌سازی Res2Dinv ترسیم شده است.

۶-۲- پردازش و تفسیر داده‌ها

به منظور تحلیل مقاطع به دست آمده ابتدا برخی موارد مهم در فصل اصول روش IP/RS را بررسی می‌کنیم. در مطالعات IP/RS دو سری اطلاعات یکی مقاومت ویژه (RS) و دیگری شارژپذیری (IP) به دست می‌آید. داده‌های مقاومت‌ویژه به تغییرات هدایت الکتریکی مواد وابسته هستند.

پس از انجام کلیه پردازش‌ها و تفسیرهای کیفی و کمی، به منظور یکپارچه‌سازی داده‌ها و انطباق آن‌ها با اطلاعات زمین‌شناسی، به ارائه و ترسیم مقاطع زمین‌شناسی - ژئوفیزیکی پرداخته شد. در این مرحله ابتدا، کلیه مقاطع دو بعدی حاصل از وارون‌سازی داده‌ها و بر اساس اطلاعات ارائه شده در گزارش زمین‌شناسی منطقه و همچنین با توجه به تفسیرهای ارائه شده در بخش‌های مختلف گزارش حاضر، به ترسیم مرز، شیب، موقعیت واحدها و توده‌های منطقه پرداخته شده است. در ادامه در مورد مقاطع IP/RS و نتایج آن مطالبی مطرح می‌گردد.

به طور کلی واحدهای خشک و متراکم و غیر هوازده مانند واحدهای آهکی، دولومیتی، گرانیتی و یا آتشفشانی غیر هوازده دارای مقاومت ویژه بسیار بالا (چند هزار اهم‌متر) هستند. در حالی که واحدهای رسی و دگرسان شده دارای مقاومت ویژه کمتر از ۲۰۰ یا ۱۰۰ اهم‌متر هستند. در مواردی که واحدهای رسی، آبدار نیز باشند، مقادیر

مقاومت ویژه به کمتر از ۵۰ اهم-متر نیز می‌رسد. به‌طور کلی گستره تغییرات RS در سنگ‌ها بالا بوده و بنابراین روش RS ابزار مناسبی برای تفکیک واحدها است. گسل‌ها نیز نقش مهمی در خردشدگی و کاهش مقاومت ویژه در سنگ‌ها دارند و به‌خوبی در نقشه‌های RS قابل شناسایی هستند. لازم به ذکر است که دامنه تغییرات RS در سنگ‌ها بسیار تغییرپذیر است و همان‌طور که در جدول مقادیر مقاومت ویژه سنگ‌ها در بخش قبل ارائه شده است، میزان مقاومت الکتریکی یک واحد سنگی می‌تواند از حالت خشک و توده‌ای تا حالت خرد شده و آبدار، از مقادیر چند هزار اهم-متر به کمتر از ۱۰۰ اهم-متر برسد. بنابراین اطلاعات زمین‌شناسی کافی از محدوده مورد بررسی در تفسیر مقاطع RS از اهمیت بالایی برخوردار است.

با توجه به اینکه ۵ پروفیل در بخش جنوبی بر روی واحدهای خاص سنگ‌شناسی شامل موسکویت کالک شیست، بیوتیت-گارنت شیست و موسکویت شیست قرار دارند، رنج مقاومت ویژه و شارژبیلیتی برای این ساختارها می‌تواند در رنج تغییراتی زیر باشد:

✓ مقاومت ویژه موسکویت کالک شیست به دلیل حضور کلسیت که مقاومت بالایی دارد (معمولاً بیش از ۱۰۰۰ اهم-متر)، باعث افزایش مقاومت کلی این واحد می‌شود. با این حال، وجود موسکویت و شیستوزیته، مقاومت را تعدیل می‌کند. رنج مورد انتظار در حالت خشک ۵۰۰ تا ۳۰۰۰ اهم-متر می‌باشد و با افزایش رطوبت این مقدار تعدیل و کاهش می‌یابد. از سوی دیگر این واحد در مقایسه با شیست‌های معمولی، مقاومت بالاتری خواهد داشت. به لحاظ شارژبیلیتی، کانی‌های کربناته فاقد شارژبیلیتی هستند، اما حضور هماتیت پراکنده در این واحد می‌تواند مقادیر متوسطی ایجاد کند. رنج مورد انتظار ۳ تا ۸ میلی‌ثانیه بوده و در صورت افزایش رطوبت، افزایش می‌یابد.

✓ بیوتیت-گارنت شیست به عنوان یک شیست با درجه دگرگونی بالاتر و حضور گارنت (کانی سیلیکاته با مقاومت بالا) مشخص می‌شود. حضور گارنت‌ها (کانی مقاوم) و بیوتیت (کانی با مقاومت متوسط) ترکیبی از مقاومت‌های مختلف را ایجاد می‌کند. گارنت‌ها به صورت نقطه‌ای مقاومت بالا دارند، اما زمینه شیستی مقاومت متوسطی خواهد داشت. رنج مورد انتظار ۲۰۰ تا ۱۵۰۰ اهم-متر و در حضور آب این مقدار کاهش می‌یابد. به لحاظ شارژبیلیتی گارنت به خودی خود شارژبیلیتی ندارد، اما حضور هماتیت (که در این واحد گزارش شده) و همچنین بیوتیت که ممکن است دارای کانی‌های اپاک همراه باشد، می‌تواند

شارژابیلیتی متوسط ایجاد کند. رنج مورد انتظار ۴ تا ۱۰ میلی‌ثانیه و در صورت افزایش رطوبت، افزایش می‌یابد.

✓ موسکویت شیست معمولی مقاومت متوسط (۱۰۰ تا ۸۰۰ اهم-متر) دارد. اما اگر گرافیت (که در گزارش به گرافیت-موسکویت شیست اشاره شده) در این واحدها حضور داشته باشد، مقاومت به شدت کاهش می‌یابد (زیر ۵۰ اهم-متر). به لحاظ شارژابیلیتی، حضور گرافیت یک چالش مهم است. گرافیت مانند یک رسانا عمل کرده و می‌تواند شارژابیلیتی بسیار بالا و کاذب (بیش از ۳۰ میلی‌ثانیه) ایجاد کند که با کانی‌سازی فلزی اشتباه گرفته شود.

با توجه به اینکه ۵ پروفیل‌ها روی این سه واحد سنگی عبور می‌کنند، انتظار می‌رود مرز بین موسکویت کالک شیست (مقاومت بالا) و موسکویت شیست (مقاومت پایین‌تر) یک کنتراست مقاومتی قابل توجه ایجاد کند که به شناسایی محل تماس این واحدها کمک می‌کند. همچنین افق‌های هماتیت‌دار در بیوتیت-گارنت شیست به صورت لایه‌هایی با شارژابیلیتی متوسط (۸ تا ۱۵ میلی‌ثانیه) و مقاومت کمی پایین‌تر از سنگ میزبان ظاهر خواهند شد. اگر گرافیت در موسکویت شیست وجود داشته باشد، می‌تواند ناهنجاری‌های شارژبیلیتی بسیار قوی و کاذب ایجاد کند که تفسیر داده‌ها را پیچیده کرده و باید با دقت از ناهنجاری‌های واقعی هماتیت تفکیک شود. لذا بالاترین مقاومت ویژه متعلق به موسکویت کالک شیست و پایین‌ترین مقاومت متعلق به موسکویت شیست (در صورت حضور گرافیت، زیر ۵۰ اهم-متر) خواهد بود.

با توجه به قرارگیری پروفیل چهارم اکتشافی در بخش شمالی و وجود یک افق لایه‌ای هماتیت در آن، سنگ میزبان (میکا گارنت شیست و بیوتیت-گارنت شیست) به دلیل حضور کانی‌های سیلیکاته با مقاومت متوسط (کوارتز، میکا) و گارنت به عنوان کانی مقاوم، محدوده مقاومتی حدود ۲۰۰ تا ۱۵۰۰ اهم-متر خواهند داشت. حضور بیوتیت (با مقاومت کمتر) ممکن است باعث کاهش مقاومت در بخش‌هایی از سنگ شود. هماتیت نیز به عنوان یک کانی نیمه‌رسانا، مقاومت ویژه پایین‌تری نسبت به سنگ میزبان ایجاد می‌کند. این افق به صورت یک لایه با مقاومت کمتر (احتمالاً ۵۰ تا ۴۰۰ اهم-متر) در دل سنگ‌های با مقاومت بالاتر ظاهر خواهد شد. این تفاوت مقاومتی می‌تواند مرز بالایی و پایینی افق هماتیت را به خوبی مشخص کند. با توجه به گزارش مبنی بر

جابه‌جایی افق‌های هماتیت‌دار توسط گسل‌ها، در محل قطع این افق با گسل، یک ناپیوستگی شدید مقاومتی دیده خواهد شد. زون گسلی خود مقاومت بسیار پایینی (۱۰ تا ۵۰ اهم-متر) خواهد داشت.

۳ - نتایج کاوش‌های ژئوفیزیکی IP-RS

۱-۳- مقدمه

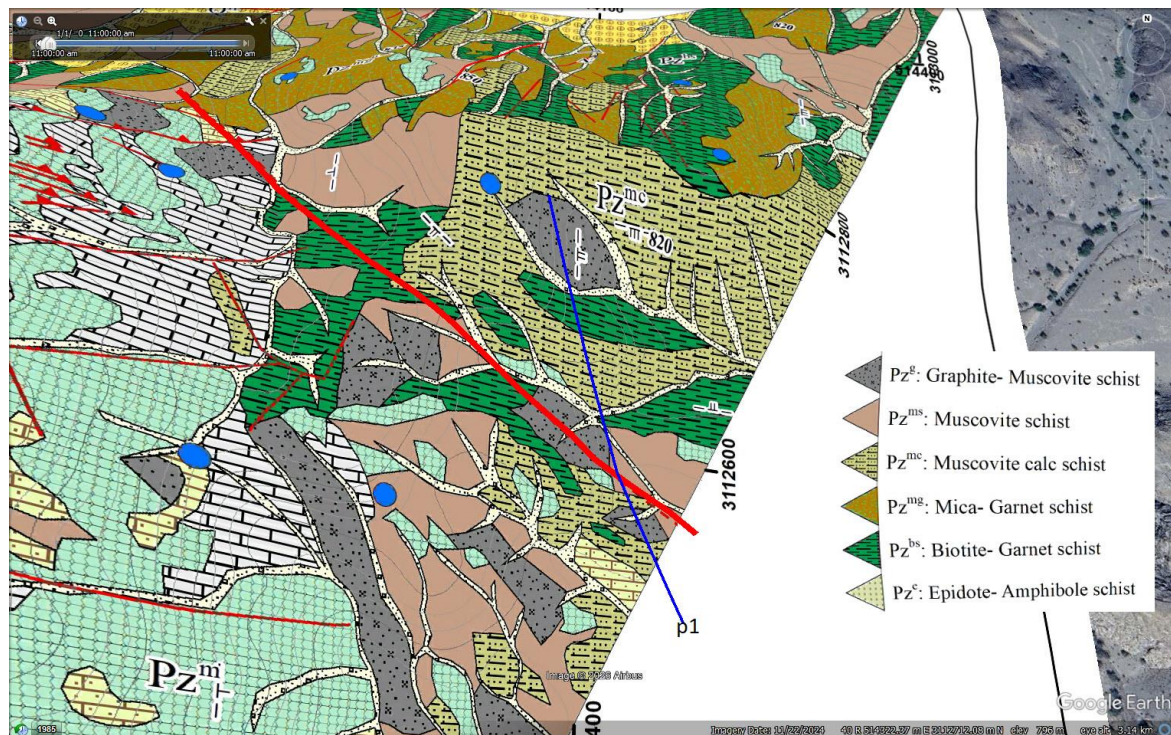
عملیات ژئوفیزیکی به روش قطبش القایی و مقاومت سنجی (IP/RS) در بخش شمال شرقی محدوده اکتشافی فاریاب با هدف اصلی شناسایی و ردیابی زون‌های دارای پتانسیل کانی‌سازی سولفیدی و طلا طراحی و اجرا گردید. این عملیات بر اساس نتایج مراحل پی‌جویی و مطالعات زمین‌شناسی انجام شد که منجر به معرفی اولویت اکتشافی اول در این بخش با مساحت ۱۲ هکتار گردید. منطقه مورد مطالعه عمدتاً از سنگ‌های دگرگونی پالئوزوئیک شامل میکا گارنت شیست، بیوتیت-گارنت شیست، موسکویت شیست و موسکویت کالک شیست تشکیل شده است. نتایج ژئوشیمیایی مراحل قبلی اکتشافی اگرچه عیار طلا را عمدتاً پایین نشان داد (حداکثر ۴۱ ppb)، اما حضور آنومالی مس تا ۲۱۷ ppm، آنومالی سرب و روی و نیز مقادیر آرسنیک تا ۳۴ ppm در نمونه‌های برداشت شده از عدسی‌های سیلیسی و شیست‌های هماتیت‌دار، احتمال وجود کانی‌سازی سولفیدی پنهان را مطرح می‌سازد. همچنین حضور گسل‌های متعدد با روندهای مختلف که افق‌های هماتیت‌دار را در بخش شمالی قطع و جابه‌جا کرده‌اند، می‌تواند چالش منطقی در به‌کارگیری روش IP/RS به‌عنوان روشی قابل توجیه به‌عنوان ردیابی مسیرهای مناسبی برای گردش سیالات کانی‌ساز و تمرکز کانی‌زایی سولفیدی و طلا محسوب شود. شبکه برداشت شامل ۶ پروفیل با طول ۲۵۰ تا ۳۳۰ متر و فاصله حدود ۴۰-۵۰ متر از یکدیگر طراحی گردید که با روند تقریباً شمالی-جنوبی در بخش جنوبی و تقریباً شرقی-غربی در بخش شمالی اجرا شدند. برداشت‌ها با آرایه قطبی-دوقطبی و فاصله الکتروودی ۱۰ و ۲۰ متر انجام پذیرفت. انتخاب این آرایه به‌دلیل حساسیت بالای آن به ساختارهای شیب‌دار و توانایی تفکیک زون‌های باریک کانی‌سازی صورت گرفته است. در ادامه، نتایج حاصل از پروفیل‌های برداشت شده به‌همراه نقشه‌های مقاومت ویژه و شارژبیلیتی مورد تفسیر قرار گرفته است.

۱-۳-۱-۱ نتایج پروفیل ۱

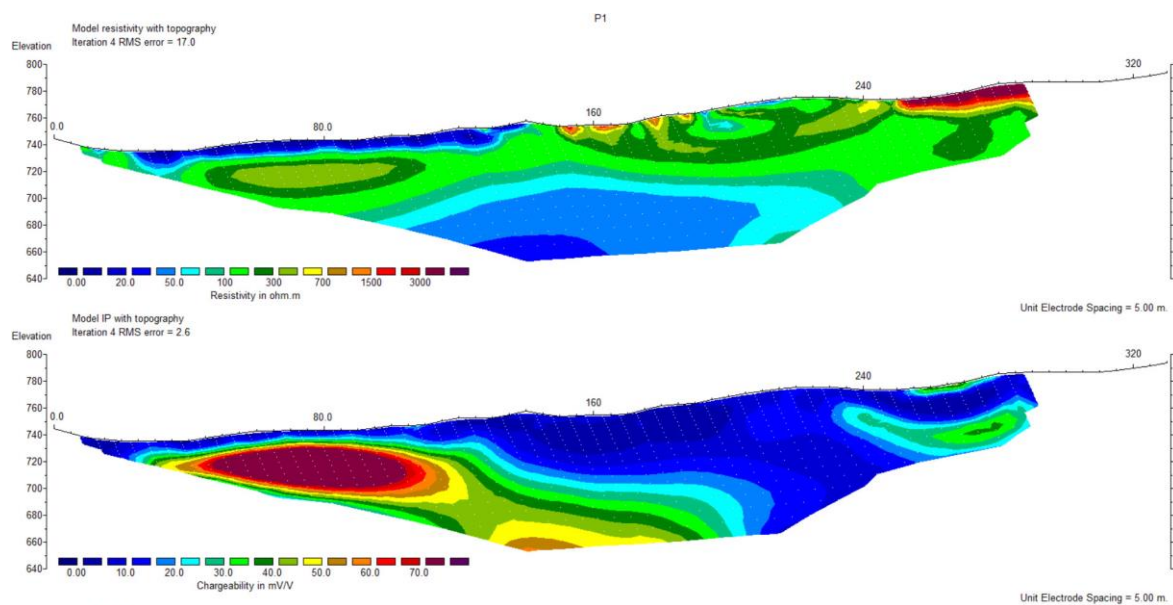
پروفیل ۱ به طول ۳۳۰ متر در دو مرحله و به‌صورت شمال به جنوب در بخش جنوبی محدوده برداشت شده است. هدف از برداشت این پروفیل، بررسی زون شارژبیلیته در قسمت منتهی‌الیه قسمت شرقی محدوده و تقریباً عمود بر راستای گسلش (که در نقشه زمین‌شناسی مشاهده می‌شود) بوده است.

در این پروفیل با جهت جنوب به شمال، یک گسل اصلی در موقعیت ۱۵۰ متری به وضوح در داده‌های ژئوفیزیکی قابل تشخیص است که مرز دو زون کاملاً متمایز را تشکیل می‌دهد. در بخش جنوبی گسل (ایستگاه‌های صفر تا ۱۵۰ متر) که تقریباً منطبق بر واحد موسکویت کالک شیست می‌باشد، مقاومت ویژه در محدوده ۱۰۰ تا ۳۰۰ اهم-متر و شارژاییلیتی در در یک توده با ابعاد نه چندان قبل توجه، دامنه بسیار بالای ۶۰ تا ۸۰ میلی‌ولت بر ولت ثبت شده‌است که این ناهنجاری قوی IP فراتر از محدوده معمول کانی‌های اکسیدی بوده و نیازمند بررسی‌های چکشی بیشتر می‌باشد. در بخش شمالی گسل، توالی واحدی از سه سنگ شامل موسکویت کالک شیست (در مجاورت گسل)، بیوتیت گارنت شیست و در نهایت گرافیت موسکویت شیست (در انتهای‌ترین بخش) قرار گرفته است. در این بخش، مقاومت ویژه در سطح به بیش از ۳۰۰ اهم-متر می‌رسد اما در عمق مقادیر متغیر و گاه تا ۲۰ اهم-متر کاهش می‌یابد، در حالی که شارژاییلیتی در کل این بخش زیر ۲۰ میلی‌ولت بر ولت بوده و بنابراین فاقد رنج فاکتورهای فیزیکی قابل توجه می‌باشد. کاهش شدید مقاومت به زیر ۱۰۰ اهم-متر در واحد گرافیت موسکویت شیست انتهای، ناشی از خاصیت رسانایی گرافیت و یا خردشدگی شدید و یا حضور آب است. در مجموع، گسل مذکور نه تنها یک مرز ساختاری مهم، بلکه مرز زون با شارژاییلیتی بالا نیز محسوب می‌شود.

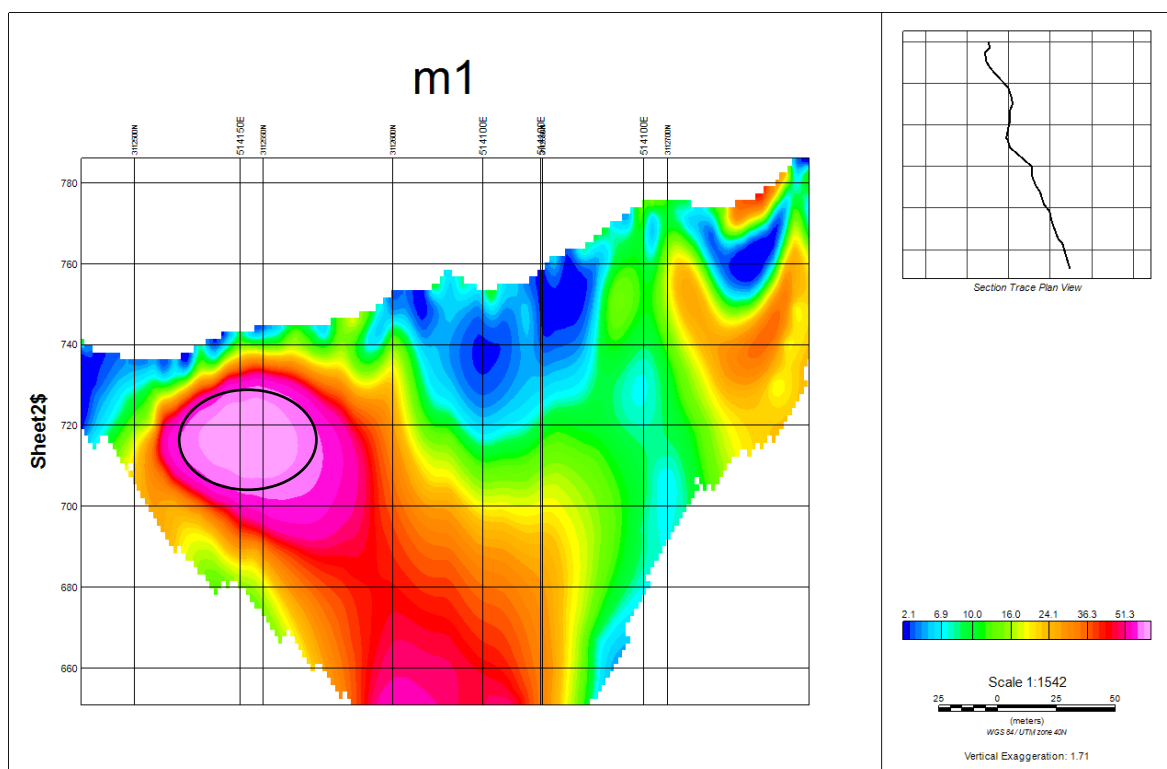
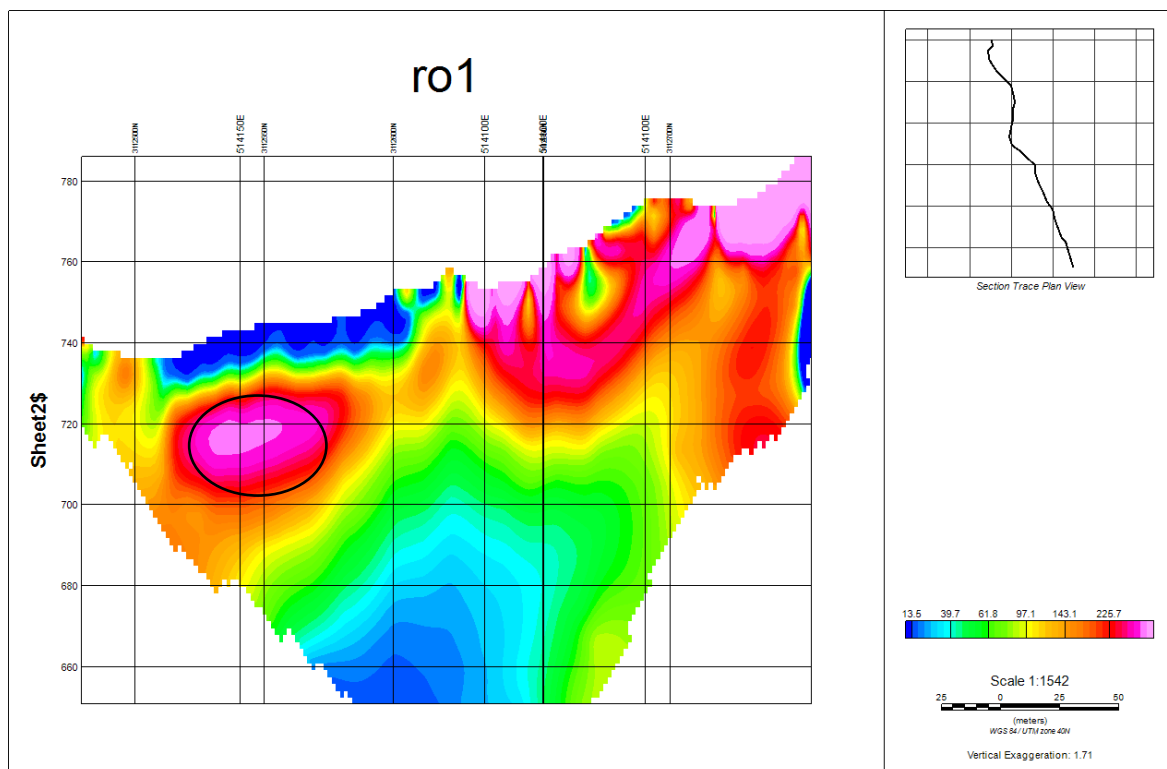
نکته قابل تأمل دیگر در این پروفیل این نکته است که با عبور پروفیل از روی واحد گرافیت مسکویت شیست مقادیر فاکتورهای فیزیکی افزایش می‌یابد؛ لذا توجه مجدد و بازبینی بخش اکتشافی در این بخش‌ها (چه در قسمت جنوب پروفیل و چه در انتهای آن) و یافتن رهیافتی به منظور نشانه‌ای از وجود یا عدم وجود کانی‌سازی در این واحد می‌تواند در پاسخ به این ناهنجاری بالا و پاسخ به اینکه آیا افزایش فاکتورها مربوط به گرافیت است یا کانی‌سازی، راه گشای حل مسئله می‌باشد.



شکل ۱-۳- مسیر برداشت پروفیل اول بر روی نقشه زمین‌شناسی محدوده.



شکل ۲-۳- مقطع مقاومت ویژه و شارژپذیری حاصل از وارون‌سازی داده‌های صحرایی به‌روش پل-دایپل پروفیل ۱.



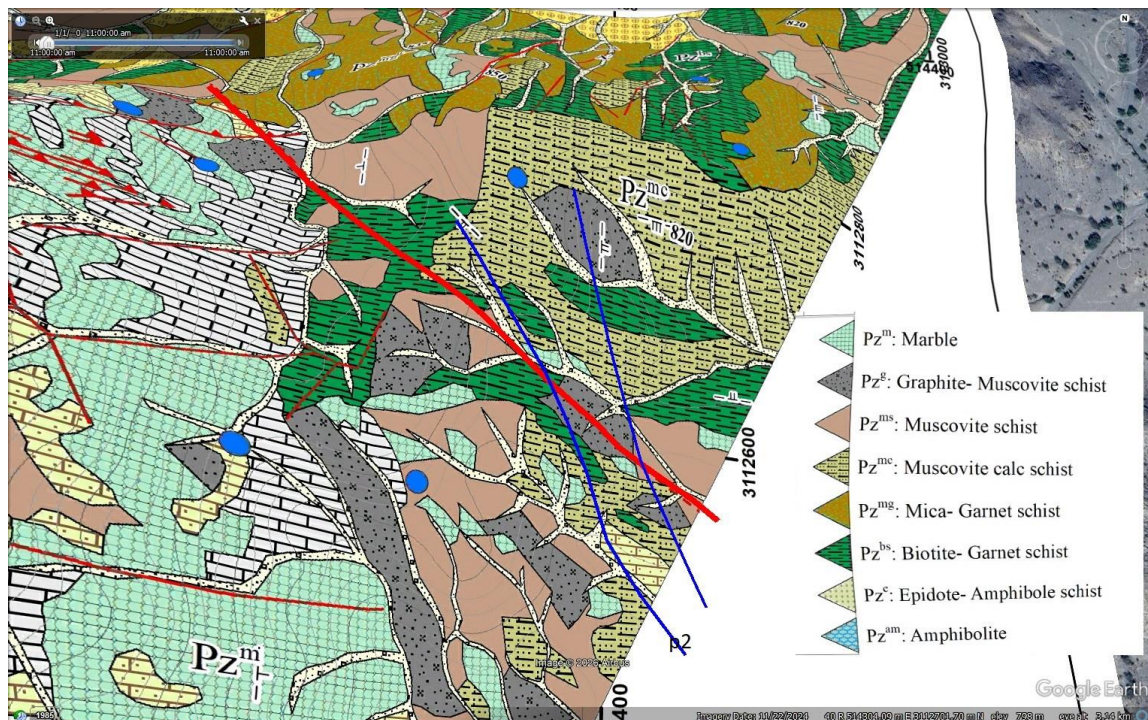
شکل ۳-۳- مقطع مقاومت ویژه و شارژپذیری حاصل از وارون سازی داده های صحرایی به روش پل-دایبل پروفیل ۱ در ژئوسافت.

۲-۱-۳- نتایج پروفیل ۲

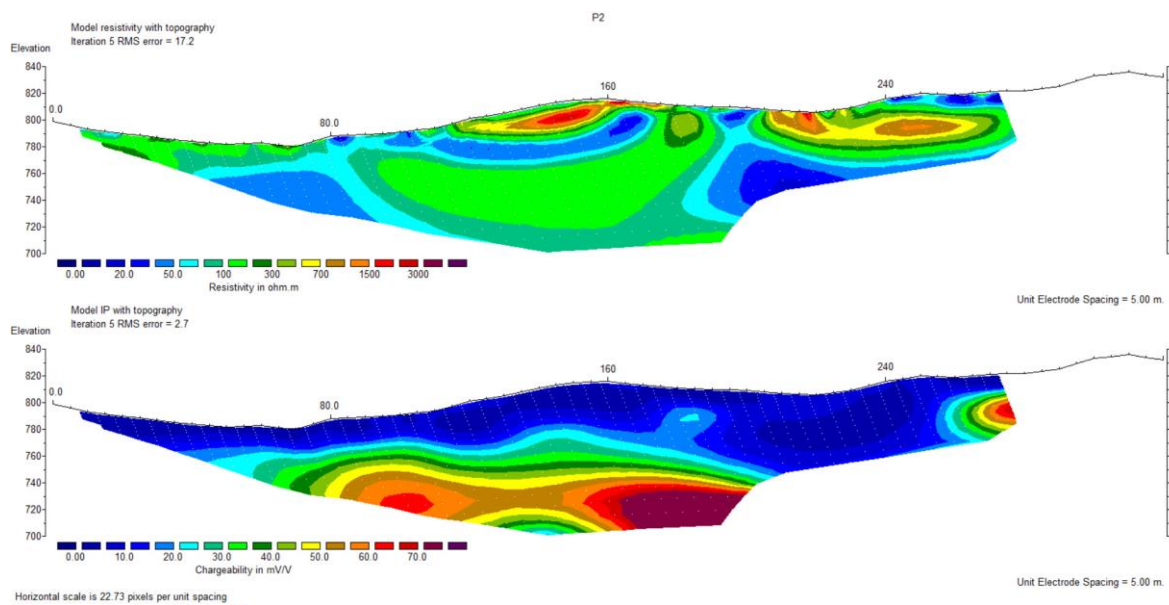
در پروفیل دوم که تا ۲۰۰ متر ابتدایی از توالی سنگ آهک دارای اکسید آهن، موسکویت کالک شایست و بیوتیت گارنت شایست عبور می‌کند، داده‌های ژئوفیزیکی وجود یک ناهنجاری شارژابیلیتی قابل توجه را در عمق ۷۰ تا ۱۰۰ متری با مقادیر ۵۰ تا ۷۰ میلی‌ولت بر ولت و ماهیت لایه‌ای نشان می‌دهد. این ناهنجاری اگرچه می‌تواند به احتمال ضعیف ناشی از حضور کانی‌سازی باشد، اما احتمال منشأ گرفتن از زمینه گرافیتی سنگ نیز باید به‌عنوان یک فرضیه جایگزین محتمل در نظر گرفته شود. ماهیت لایه‌ای ناهنجاری با هر دو مدل سازگار است، زیرا هم افق‌های سولفیدی و هم افق‌های غنی از مواد کرین‌دار (گرافیت) می‌توانند پاسخ‌های IP لایه‌ای ایجاد کنند. در ادامه پروفیل و قبل از گسل اصلی در فاصله حدود ۲۰۰ متری، یک زون با شارژابیلیتی بالای ۶۰ میلی‌ولت بر ولت و مقاومت ویژه پایین (کمتر از ۲۰ اهم-متر) شناسایی شده‌است.

ترکیب مقاومت ویژه بسیار پایین (کمتر از ۲۰ اهم-متر) و شارژابیلیتی بسیار بالا (بیش از ۶۰ میلی‌ولت بر ولت) در یک زون گسلی، یکی از مهمترین اما در عین حال چالش‌برانگیزترین الگوهای ژئوفیزیکی محسوب می‌شود. مقاومت پایین در این زون عمدتاً ناشی از خردشدگی شدید، حضور رس‌های حاصل از دگرسانی و احتمالاً رطوبت است، در حالی که شارژابیلیتی بالا نشان‌دهنده وجود ماده‌ای با قابلیت بارپذیری قابل توجه می‌باشد. این ترکیب را می‌توان به دو صورت اصلی تفسیر نمود: نخست، حضور کانی‌سازی که در زون خردشده و با نفوذ سیالات کانی‌ساز از طریق گسل تمرکز یافته‌اند؛ دوم، تأثیر لایه خرد شده با رطوبت بالا است. با این حال، تفکیک قطعی بین سولفید و زون خرد شده آبدار بدون شواهد عینی امکان‌پذیر نیست، زیرا هر دو می‌توانند ناهنجاری‌های IP قوی ایجاد کنند. بنابراین این زون به‌عنوان یک هدف اکتشافی معرفی می‌گردد، اما تعیین ماهیت دقیق آن مستلزم حفاری مغزه‌گیری و بررسی مستقیم مغزه‌ها از نظر نوع کانی‌سازی، بافت و ارتباط آن با ساختارهای زمین‌شناسی است.

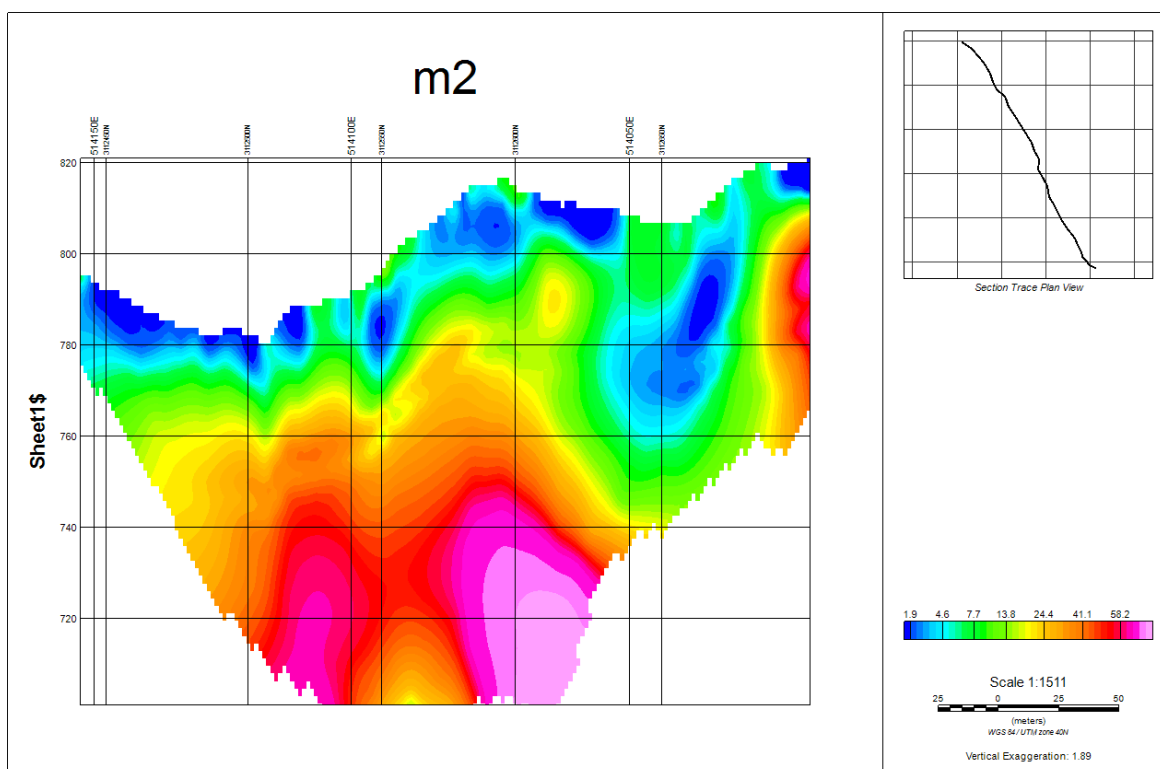
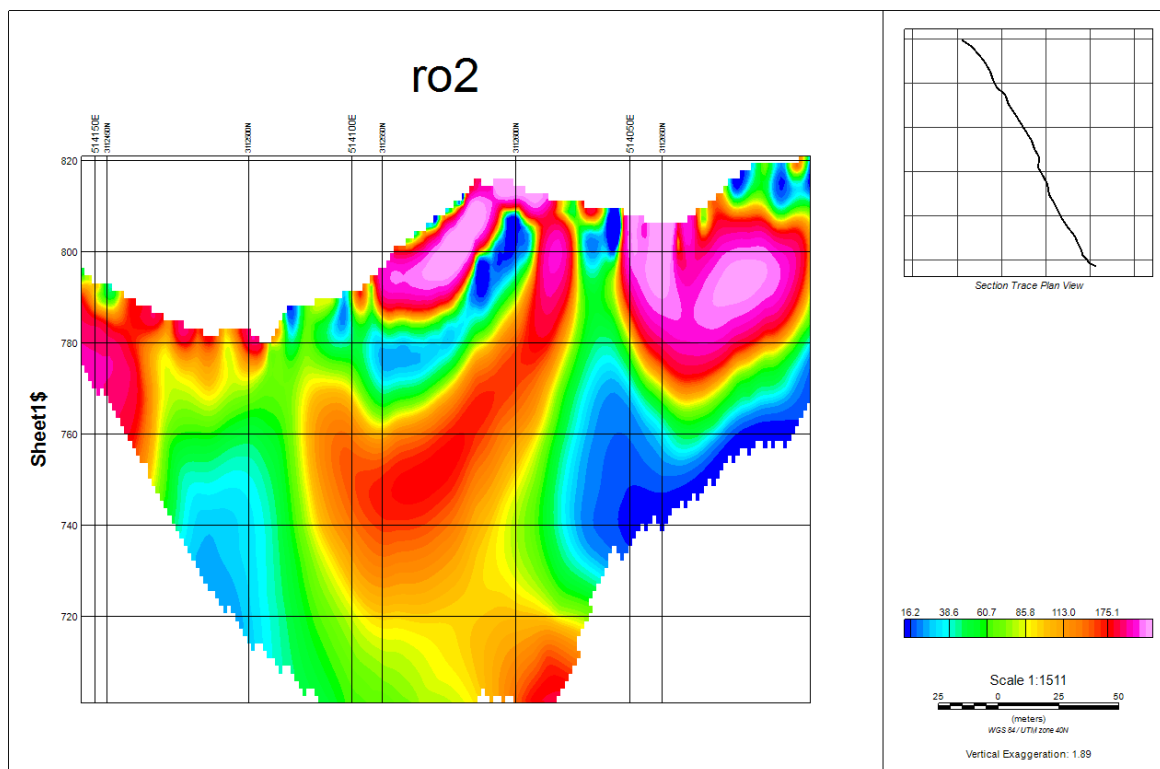
پس از عبور از گسل، واحدهای موسکویت کالک شایست و بیوتیت گارنت شایست با همان الگوی پروفیل اول (مقاومت ۱۰۰ تا ۳۰۰ اهم-متر و IP کمتر از ۲۰ میلی‌ولت بر ولت) ظاهر می‌شوند که در اینجا نیز احتمال کانی‌سازی سولفیدی به حداقل می‌رسد.



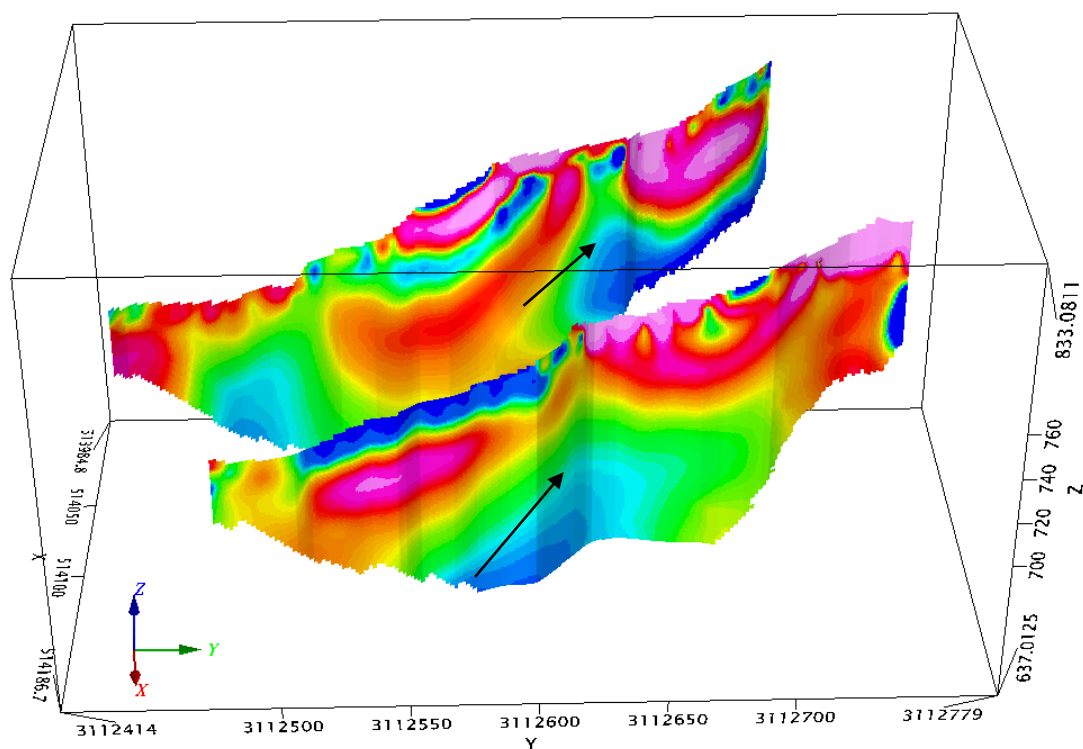
شکل ۴-۳- مسیر برداشت پروفیل دوم بر روی نقشه زمین‌شناسی محدوده.



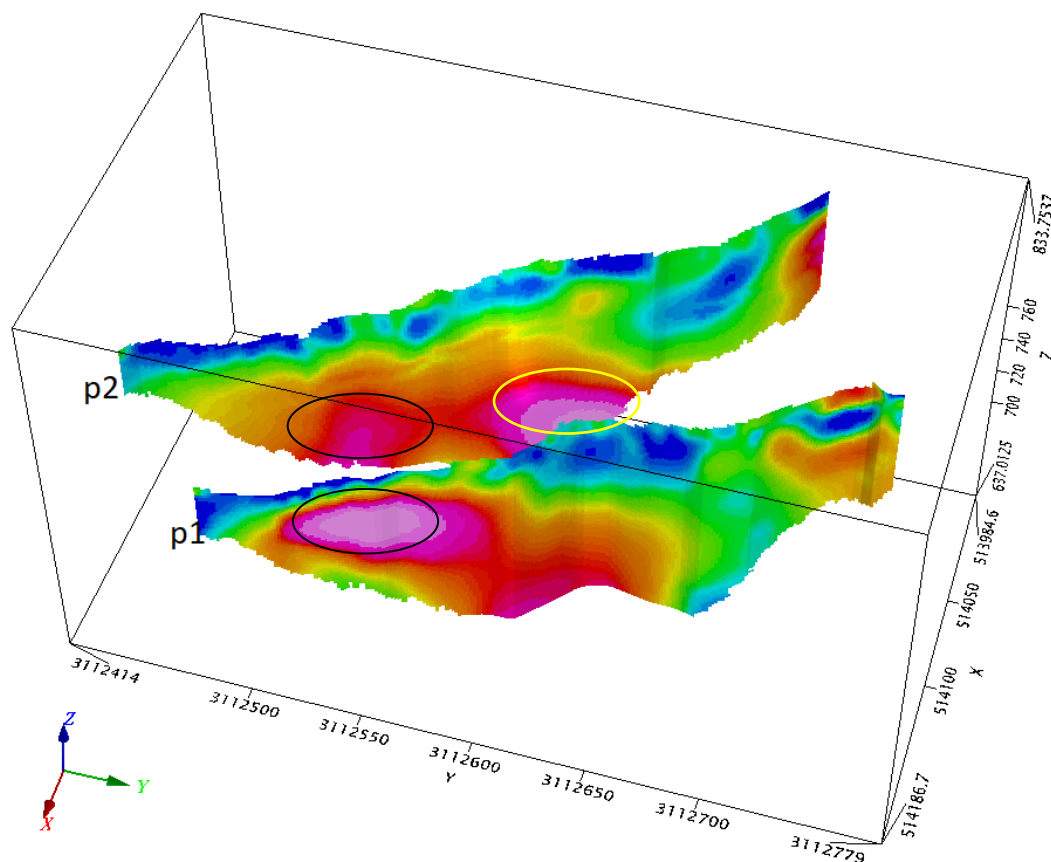
شکل ۵-۳- مقطع مقاومت ویژه و شارژپذیری حاصل از وارون‌سازی داده‌های صحرایی به‌روش پل-دایپل پروفیل ۲.



شکل ۶-۳- مقطع مقاومت ویژه و شارژپذیری حاصل از وارون سازی داده های صحرایی به روش پل-دایپل پروفیل ۲ در ژئوسافت.



شکل ۷-۳- مقطع مقاومت پروفیل ۱ و ۲ در فضای سه بعدی، چنانچه در شکل مشاهده می شود، راستای گسلش اصلی که در نقشه زمین شناسی مشاهده شده، به صورت تغییر شارپ مقاومت در این مقطع سه بعدی مشاهده می شود.



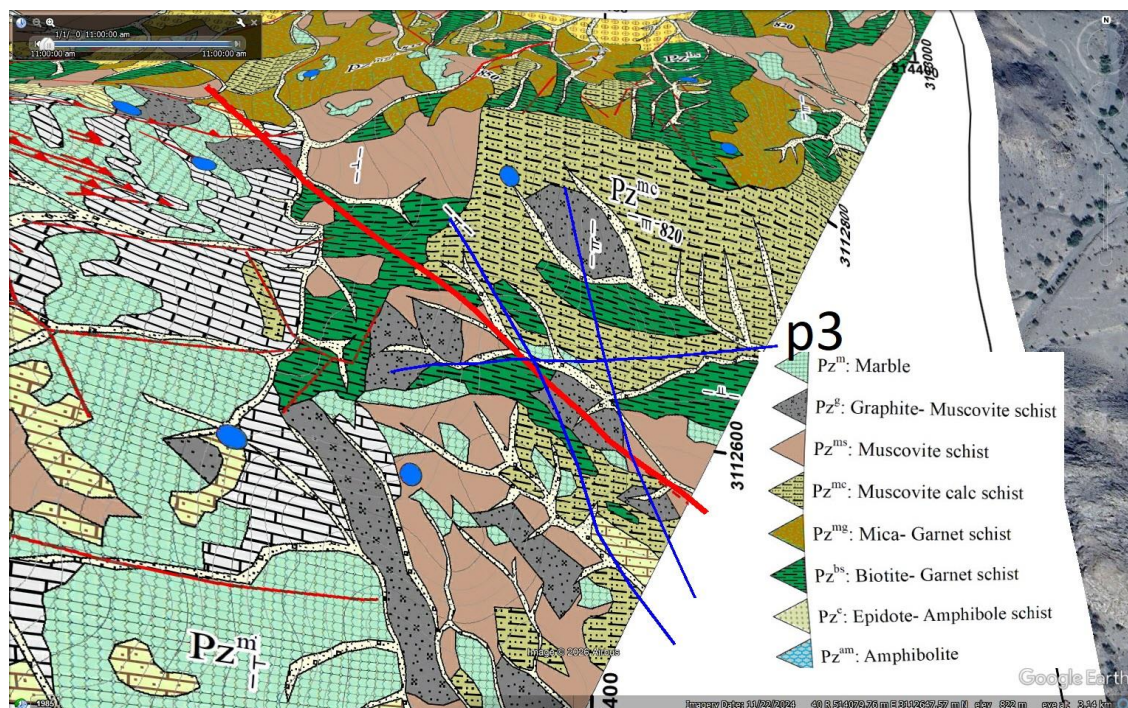
شکل ۸-۳- مقطع شارژپذیری پروفیل ۱ و ۲ در فضای سه بعدی، چنانچه در شکل مشاهده می شود، آنومالی پروفیل اول که در واحد مسکویت کالک شیبست بود (بیضی مشکی رنگ)، با عبور از این ساختار و رسیدن به پروفیل دوم، اثر High-IP خود را از دست داده است. تنها شارژیبلیتی مسیر گسلش با عبور از پروفیل یک به دو (بیضی زرد رنگ)، در عمق افزایش یافته است.

۳-۱-۳- نتایج پروفیل ۳

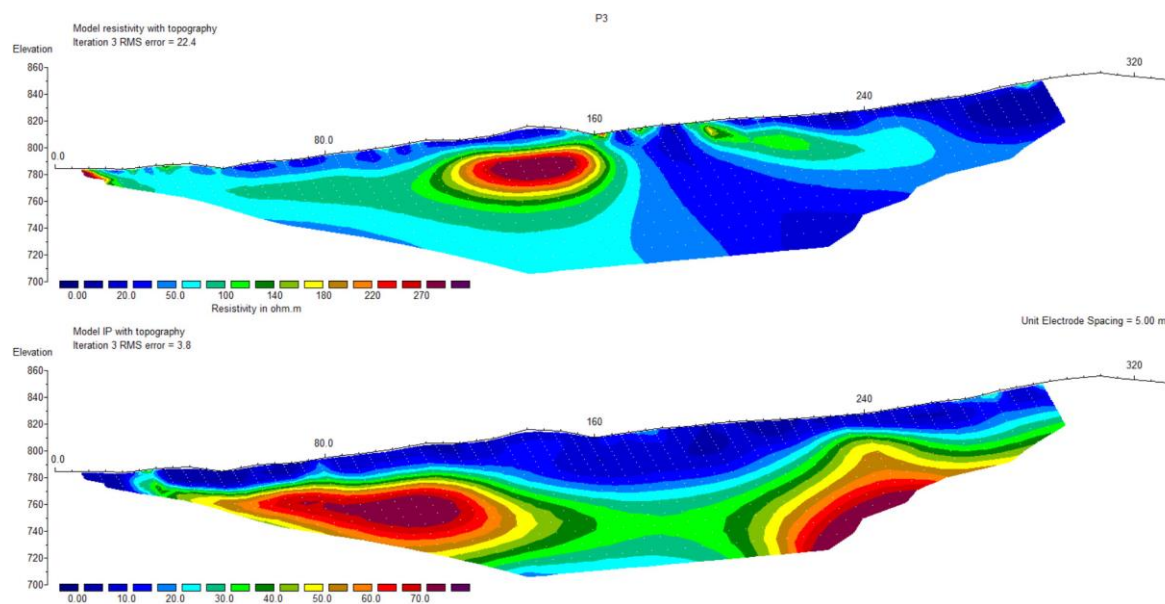
در پروفیل سوم که با جهت شرقی-غربی و عمود بر دو پروفیل اصلی دیگر (به پیشنهاد تیم فنی) برداشت شده است، از ابتدا تا فاصله ۲۰۰ متری واحد موسکویت کالک شیبست قرار دارد که داده های ژئوفیزیکی در این بخش، مقاومت ویژه متغیری در دامنه ۵۰ تا ۳۰۰ اهم-متر و یک ناهنجاری شارژیبلیتی به صورت توده ای با مقادیر ۵۰ تا ۷۰ میلی ولت بر ولت را نشان می دهند. این ناهنجاری به نظر توده ای بوده و علی رغم ابعاد کوچکش، منشأ آن می تواند کانی سازی سولفیدی و یا به احتمال کمتر، مواد کربن دار باشد. در موقعیت حدود ۲۰۰ متری، یک گسل اصلی به وضوح در داده های مقاومت ویژه قابل تشخیص است که مرز بین واحد موسکویت کالک

شیست (در غرب گسل) و واحد گرافیت موسکویت شیست (در شرق گسل) را تشکیل می‌دهد. در خود زون گسلی، مقاومت ویژه به کمتر از ۱۰۰ اهم-متر کاهش یافته و شارژابیلیتی به بیش از ۵۰ میلی‌ولت بر ولت افزایش می‌یابد. این الگو اگرچه مشابه ناهنجاری‌های گسلی در پروفیل‌های قبلی است، اما با توجه به مجاورت مستقیم با واحد گرافیت‌دار، احتمال وجود گرافیت یا آب به درون زون خردشده گسلی بسیار بالا بوده و تفسیر آن به‌عنوان کانی‌سازی سولفیدی با اطمینان پایینی همراه است. بنابراین در پروفیل سوم، بخش ابتدایی (۰ تا ۲۰۰ متر) با ناهنجاری توده‌ای خود، هدف اکتشافی اولویت‌دار در عین حال به‌لحاظ ابعادی کوچک محسوب می‌شود، در حالی که زون گسلی با ریسک بالای تداخل گرافیت و یا آب، نیازمند بررسی میدانی و نمونه‌برداری مستقیم برای تعیین ماهیت واقعی آن است.

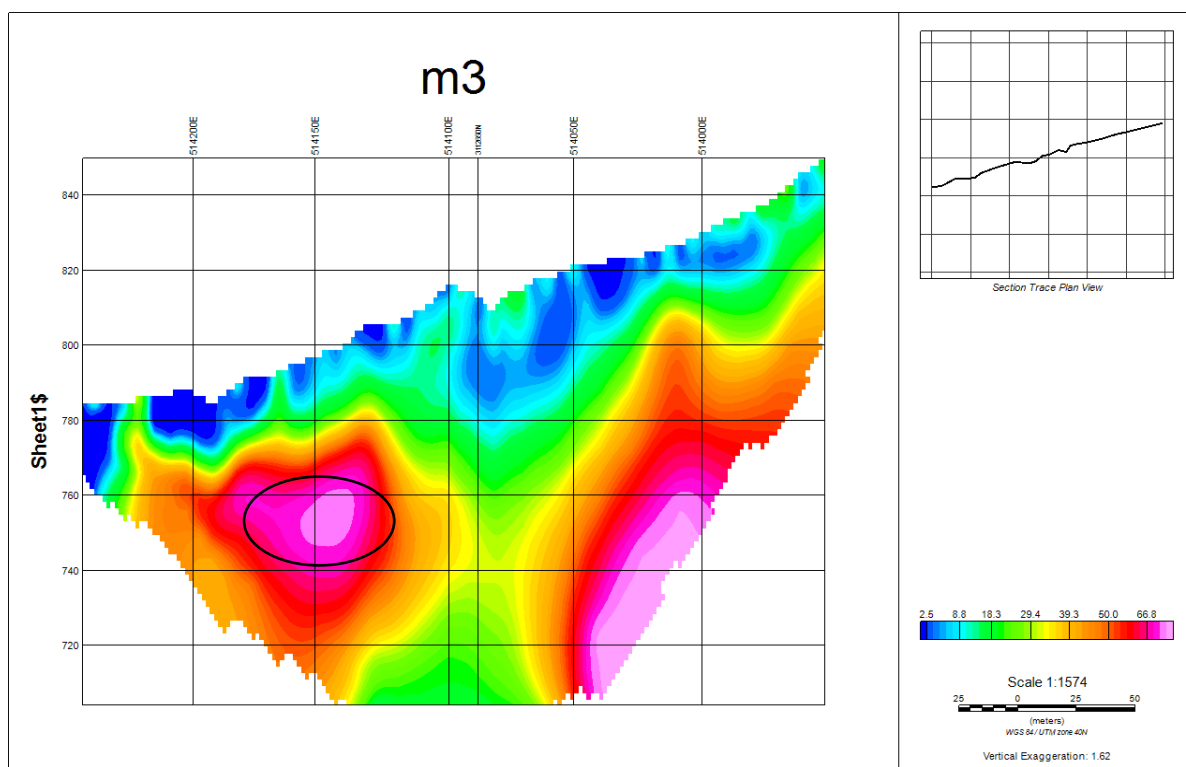
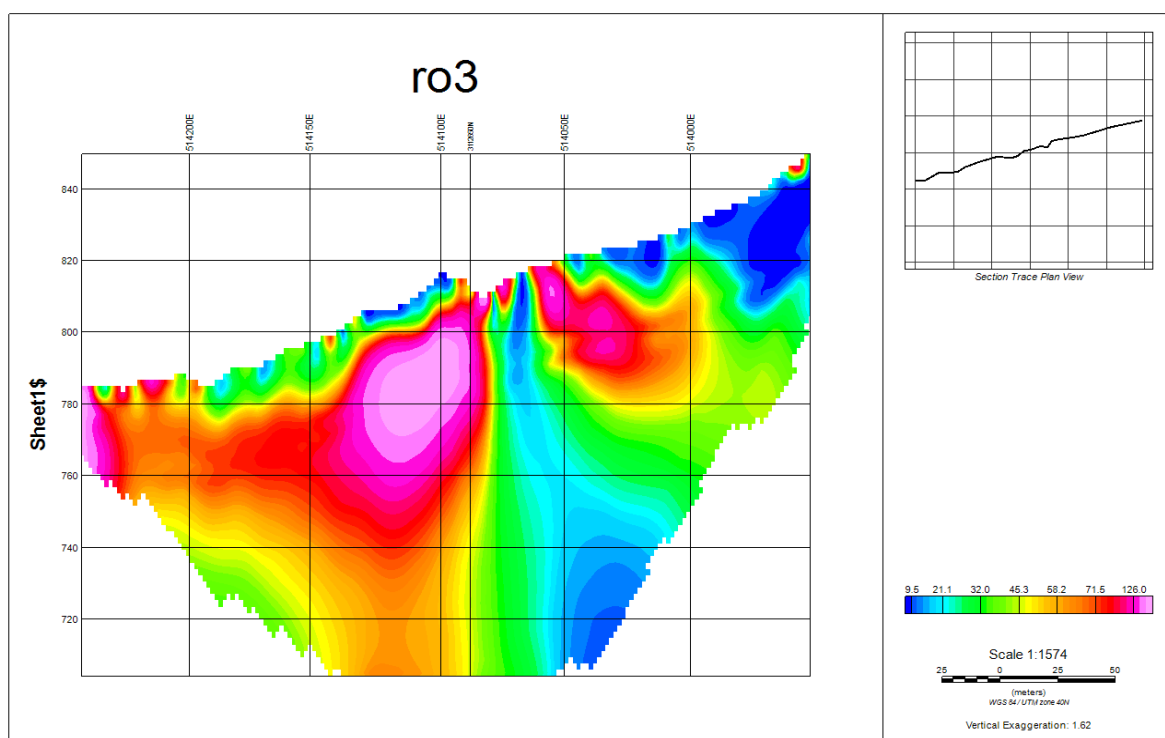
تا این مرحله از بررسی تلفیقی داده‌های سه پروفیل ژئوفیزیکی در بخش شمال شرقی محدوده فاریاب، الگوی نسبتاً منظمی از توزیع ناهنجاری‌های شارژابیلیتی و مقاومت ویژه را در ارتباط با واحدهای سنگی و ساختار گسلی نمایان شده‌است. در هر سه پروفیل، واحد موسکویت کالک شیست میزبان ناهنجاری‌های IP قابل توجهی با مقادیر ۵۰ تا ۸۰ میلی‌ولت بر ولت و مقاومت ویژه ۱۰۰ تا ۳۰۰ اهم-متر می‌باشد که این ناهنجاری‌ها در پروفیل اول به‌صورت لایه‌ای پیوسته، در پروفیل دوم به‌صورت لایه‌ای در عمق ۶۰ تا ۱۰۰ متری، و در پروفیل سوم به‌صورت توده‌ای در بخش ابتدایی ظاهر شده‌اند. یک گسل اصلی که در هر سه پروفیل قابل تشخیص است (هم‌راستا با نقشه زمین‌شناسی)، به‌عنوان مرز بین زون High-IP (در یک سمت) و واحدهای Low-IP عمل کرده و در پروفیل‌های دوم و سوم، زون‌های گسلی با IP بالای ۵۰ و مقاومت پایین (کمتر از ۱۰۰ اهم-متر) نیز شناسایی شده‌اند که نشان‌دهنده کنترل ساختاری High-IP توسط گسل می‌باشد. با این حال، مهمترین ابهام در تفسیر داده‌ها، حضور واحد گرافیت موسکویت شیست در مجاورت گسل‌ها و یا آب (به‌دلیل عمق حدود ۵۰ متر در رسیدن به زون High-IP) است که می‌تواند ناهنجاری‌های IP بالایی مشابه سولفیدها ایجاد کند. بر این اساس، ناهنجاری‌های واقع در فاصله از گسل و درون واحدهای فاقد گرافیت (مانند بخش ابتدایی پروفیل سوم و بخش جنوبی پروفیل اول) از اعتبار بیشتری برای کانی‌سازی برخوردارند، در حالی که ناهنجاری‌های درون زون گسلی یا در مجاورت واحد گرافیت‌دار پرریسک‌تر بوده و می‌توانند ناشی از نفوذ گرافیت و یا آب به درون خردشدگی‌ها باشند.



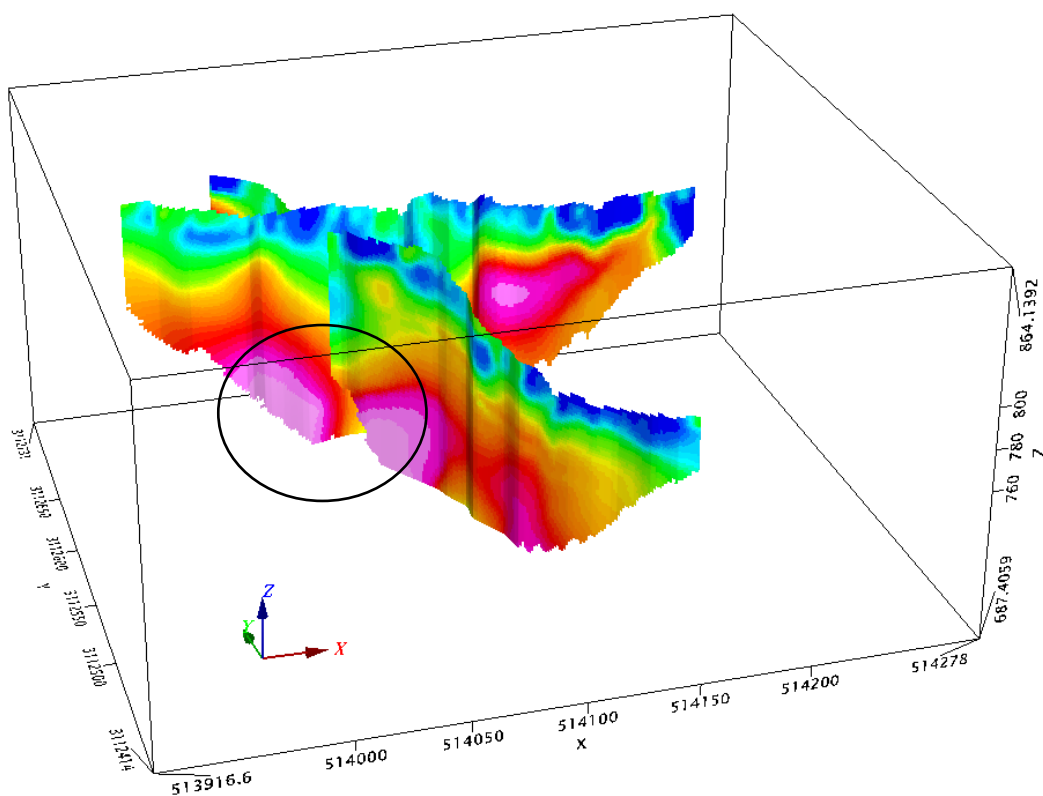
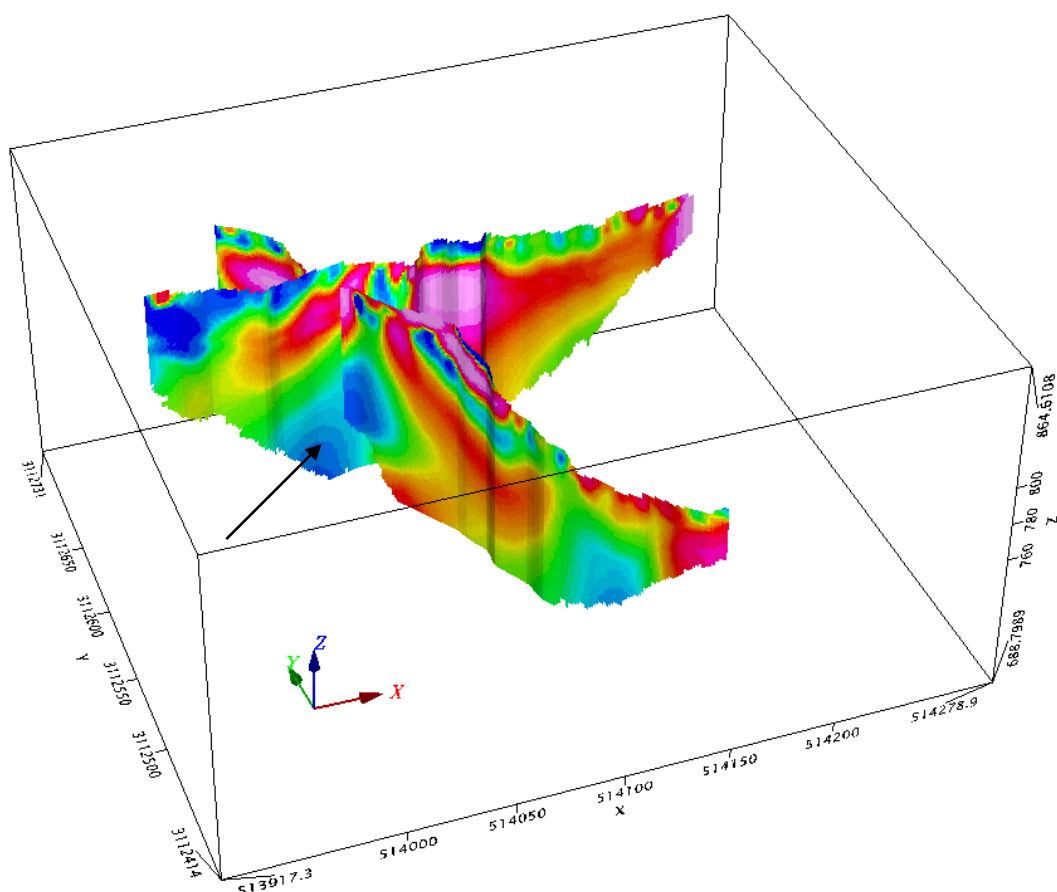
شکل ۹-۳- مسیر برداشت پروفیل سوم بر روی نقشه زمین‌شناسی محدوده.



شکل ۱۰-۳- مقطع مقاومت ویژه، شارژپذیری حاصل از وارون‌سازی داده‌های صحرایی به روش پل-دایپل پروفیل ۳.



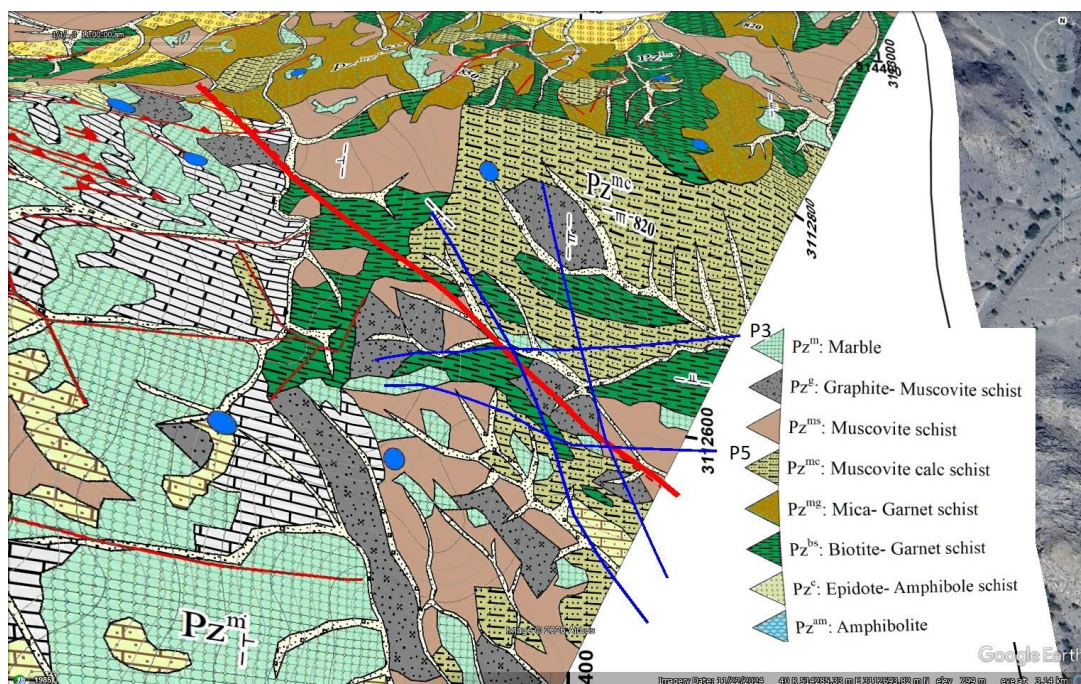
شکل ۱۱-۳- مقطع مقاومت ویژه و شارژپذیری حاصل از وارون سازی داده های صحرایی به روش پل-دایپل پروفیل ۳ در ژئوسافت.



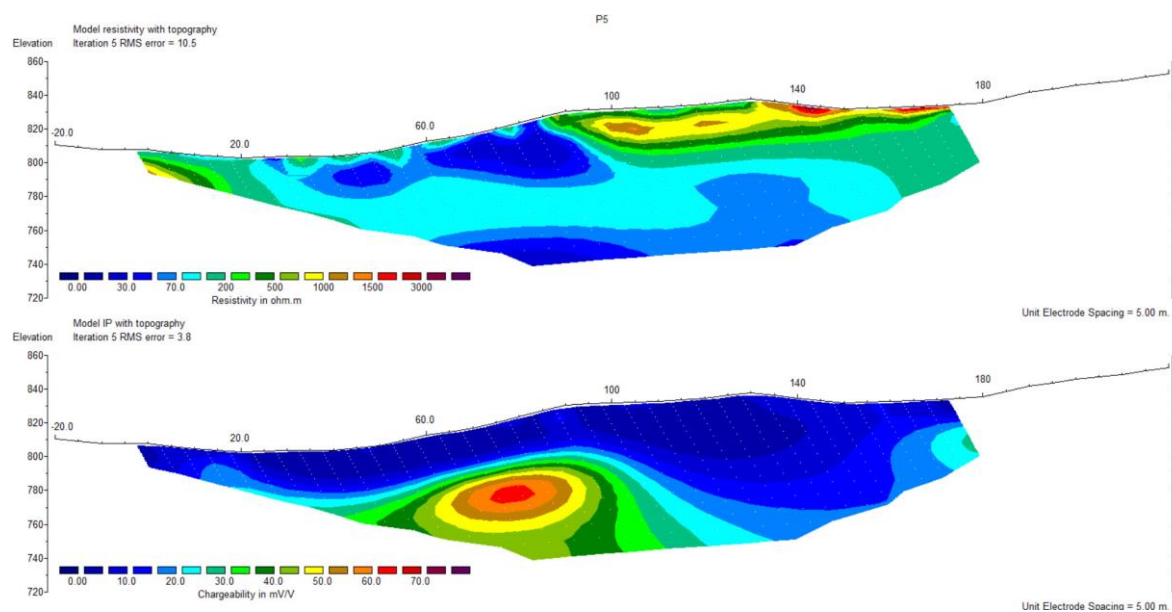
شکل ۱۲-۳- مقاطع سه بعدی مقاومت ویژه و شارژ پذیری در پروفیل دوم و سوم.

۴-۱-۳- نتایج پروفیل ۵

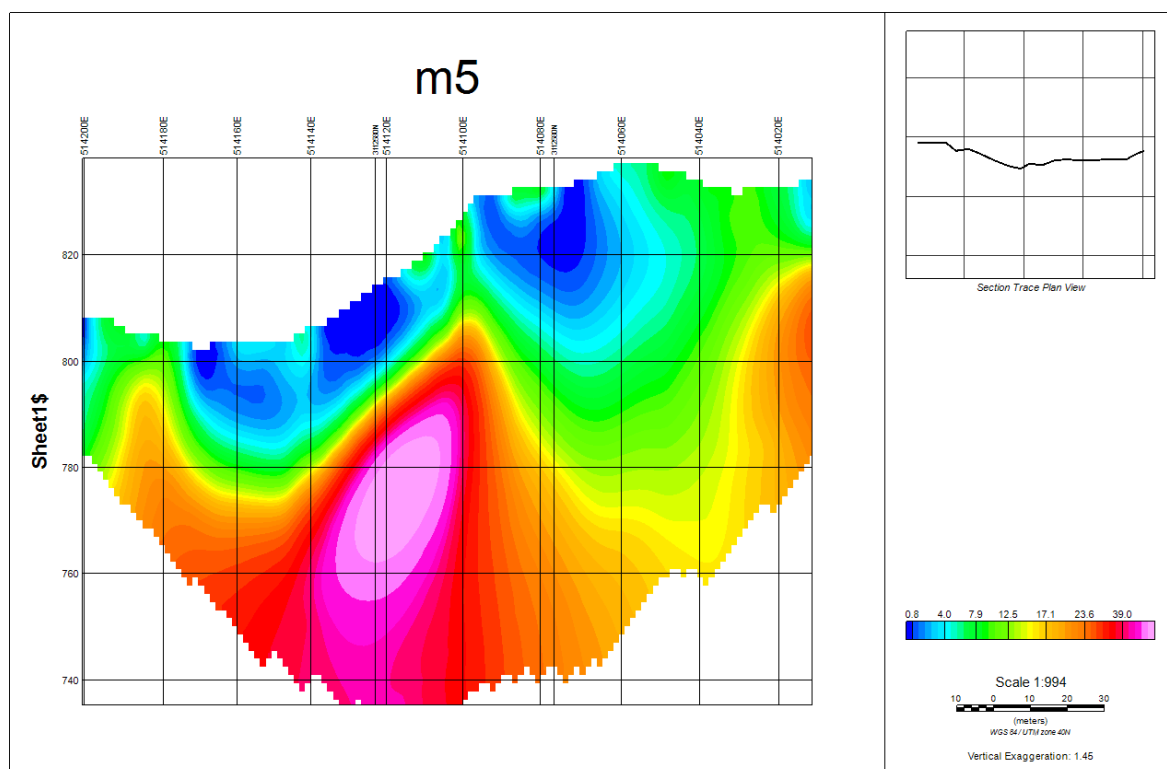
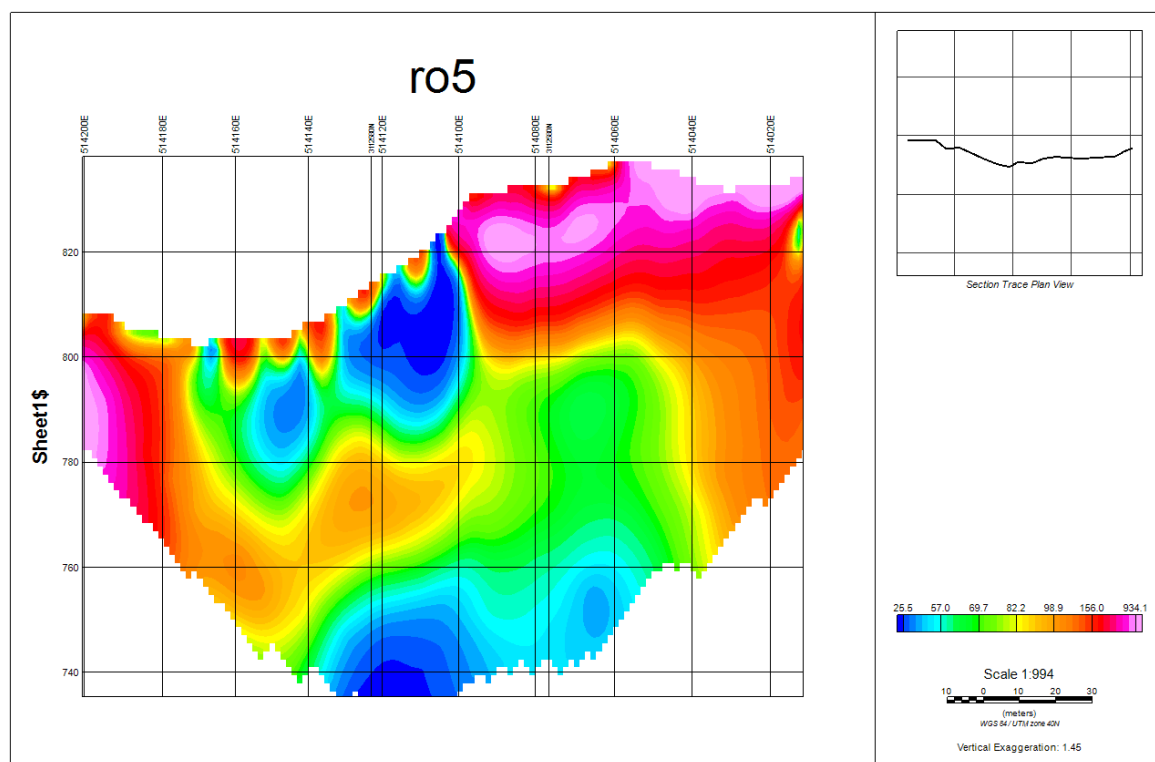
در پروفیل پنجم که تقریباً موازی با پروفیل سوم و در بخش جنوبی دره گسلی برداشت شده است، داده‌های ژئوفیزیکی الگوی متفاوتی را نسبت به پروفیل‌های قبلی نشان می‌دهند. از ابتدای پروفیل تا فاصله ۱۰۰ متری (قبل از گسل اصلی)، واحد موسکویت شیست قرار دارد که مقاومت ویژه آن کمتر از ۱۰۰ اهم-متر و شارژاییلیتی به صورت توده‌ای با مقادیر بیشتر از ۳۰ میلی‌ولت بر ولت ثبت شده است. این ناهنجاری IP (با عمق حدود ۴۰ و ابعاد ۲۰ در ۱۵) با وجود اینکه از نظر شدت (بالای ۳۰) قابل توجه است، اما نسبت به ناهنجاری‌های ۵۰ تا ۸۰ پروفیل‌های قبلی ضعیف‌تر می‌باشد و با توجه به مقاومت پایین، می‌تواند ناشی از خردشدگی همراه با کانی‌سازی سولفیدی پراکنده و یا تأثیر گرافیت باشد، هرچند شدت کمتر آن احتمال سولفیدی بودن را ضعیف‌تر می‌کند. پس از عبور از گسل اصلی در فاصله ۱۰۰ متری، واحدهای موسکویت کالک شیست و گارنت شیست ظاهر می‌شوند که مقاومت ویژه در سطح آنها بالا و در عمق پایین است، در حالی که شارژاییلیتی در کل این بخش پایین (احتمالاً کمتر از ۲۰ میلی‌ولت بر ولت) می‌باشد. این الگو نشان‌دهنده عدم وجود کانی‌سازی قابل توجه در بخش جنوب شرقی گسل در این پروفیل است و صرفاً کاهش مقاومت در عمق می‌تواند ناشی از خردشدگی، رطوبت یا دگرسانی باشد.



شکل ۱۳-۳- مسیر برداشت پروفیل پنجم بر روی نقشه زمین‌شناسی محدوده.



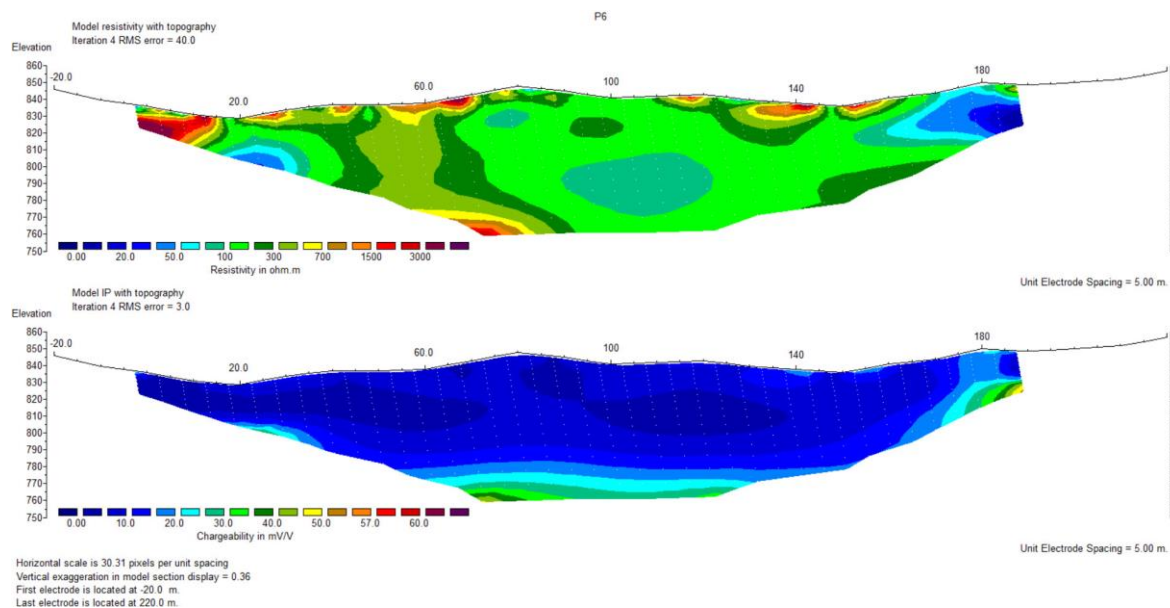
شکل ۱۴-۳- مقطع مقاومت ویژه، شارژپذیری حاصل از وارون سازی داده های صحرایی به روش پل-دایپل پروفیل ۵.



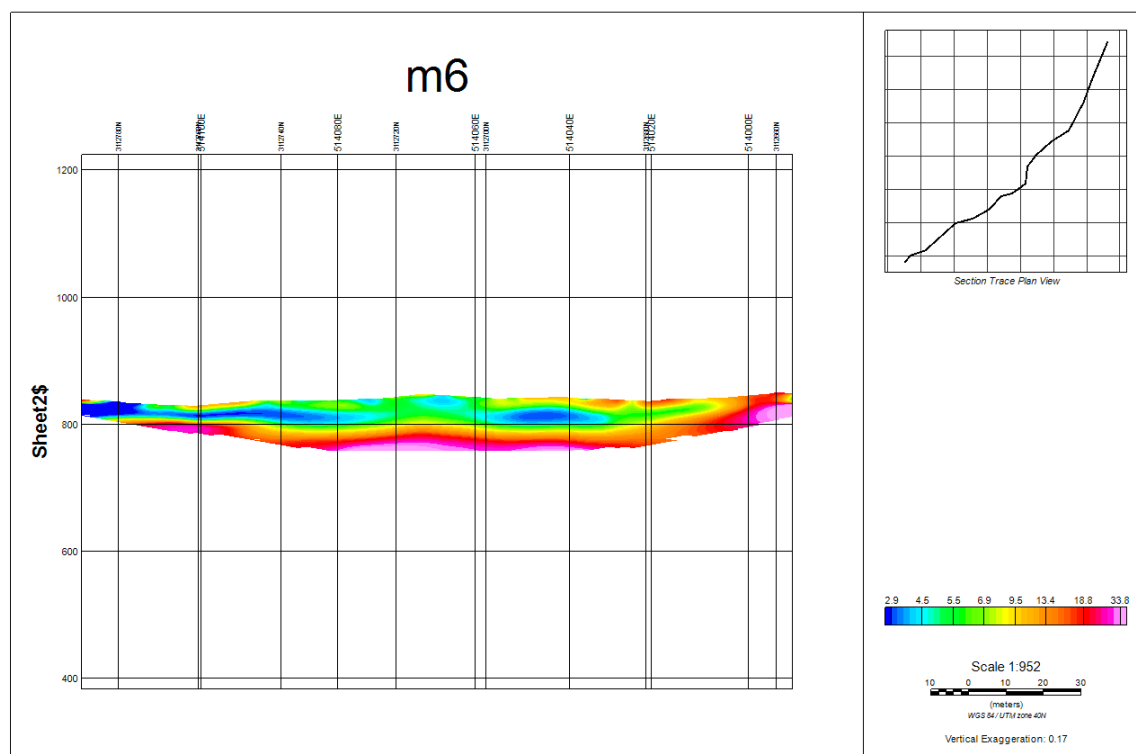
شکل ۱۵-۳- مقطع مقاومت ویژه و شارژپذیری حاصل از وارون سازی داده های صحرایی به روش پل-دایبل پروفیل ۵ در ژئوسافت.

۵-۱-۳- نتایج پروفیل ۶

در پروفیل ششم که تقریباً موازی با پروفیل سوم و در بخش شمالی دره گسلی برداشت شده است، داده‌های ژئوفیزیکی الگوی متفاوت و قابل توجهی را نشان می‌دهند. از ابتدای پروفیل تا فاصله ۱۵۰ متری (قبل از گسل اصلی)، واحدهای موسکویت کالک شیست و گرافیت شیست قرار دارند که مقاومت ویژه در این بخش دامنه تغییرات وسیعی از مقادیر پایین تا ۱۵۰۰ اهم-متر داشته و شارژاییلیتی در کل این بخش کمتر از ۲۰ میلی‌ولت بر ولت ثبت شده است. این الگو حاکی از آن است که علی‌رغم تغییرات شدید مقاومت (که می‌تواند ناشی از تفاوت درجه خردشدگی، تراکم یا ناخالصی‌ها باشد)، این بخش فاقد شارژاییلیتی قابل توجه بوده و ناهنجاری IP معناداری در آن دیده نمی‌شود. مقاومت بالای ۱۵۰۰ اهم-متر در بخش‌هایی از این واحدها می‌تواند نشانگر نواحی فشرده و سالم با حداقل خردشدگی باشد. در فاصله حدود ۱۵۰ متری، گسل اصلی قرار دارد و پس از عبور از آن، واحد گرافیت موسکویت شیست گسترش یافته است. نکته جالب توجه اینکه در این پروفیل، تنها در خود زون گسلی مقادیر شارژاییلیتی افزایش یافته (IP بالا)، در حالی که مقاومت ویژه تغییرات چندانی نسبت به بخش‌های مجاور نشان نمی‌دهد. این الگو می‌تواند نشانگر نفوذ مواد کربن‌دار (گرافیت) از واحد مجاور به درون زون خردشده گسلی باشد، هرچند احتمال حضور سولفیدها در زون گسلی را نیز نمی‌توان به‌طور کامل رد کرد. عدم افزایش IP در واحد گرافیت موسکویت شیست پس از گسل (به‌جز در خود زون گسلی) نیز تأیید می‌کند که این واحد به‌تنهایی ناهنجاری IP قابل توجهی ایجاد نمی‌کند و صرفاً در محل خردشدگی و تمرکز مواد کربن‌دار و یا آب، پاسخ IP مشاهده می‌شود. در مجموع، پروفیل پنجم نشان می‌دهد که بخش شمالی دره گسلی، برخلاف بخش‌های مرکزی و جنوبی، فاقد ناهنجاری‌های IP گسترده بوده و کانی‌سازی احتمالی (چه سولفیدی و چه گرافیتی) عمدتاً به خود زون گسلی محدود می‌شود که این موضوع اهمیت ساختاری گسل را مجدداً تأیید می‌کند، اما پتانسیل اقتصادی این بخش را به‌شدت محدود می‌سازد.



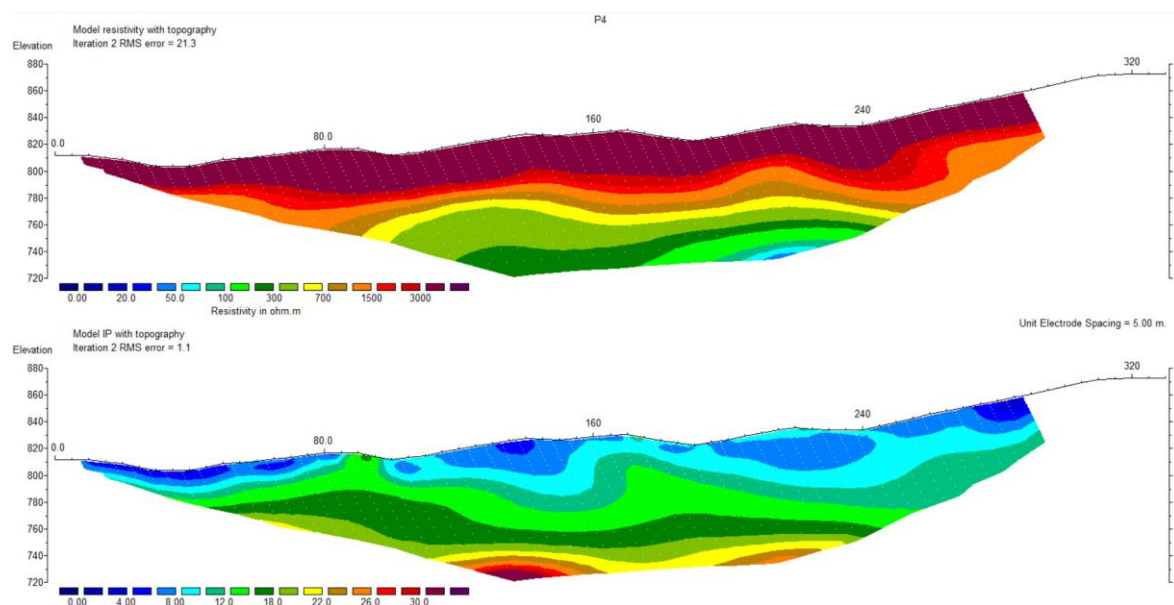
شکل ۱۶-۳- مقطع مقاومت ویژه، شارژپذیری و مقطع زمین‌شناسی حاصل از وارون‌سازی داده‌های صحرایی به روش پل-دایپل پروفیل ۶.



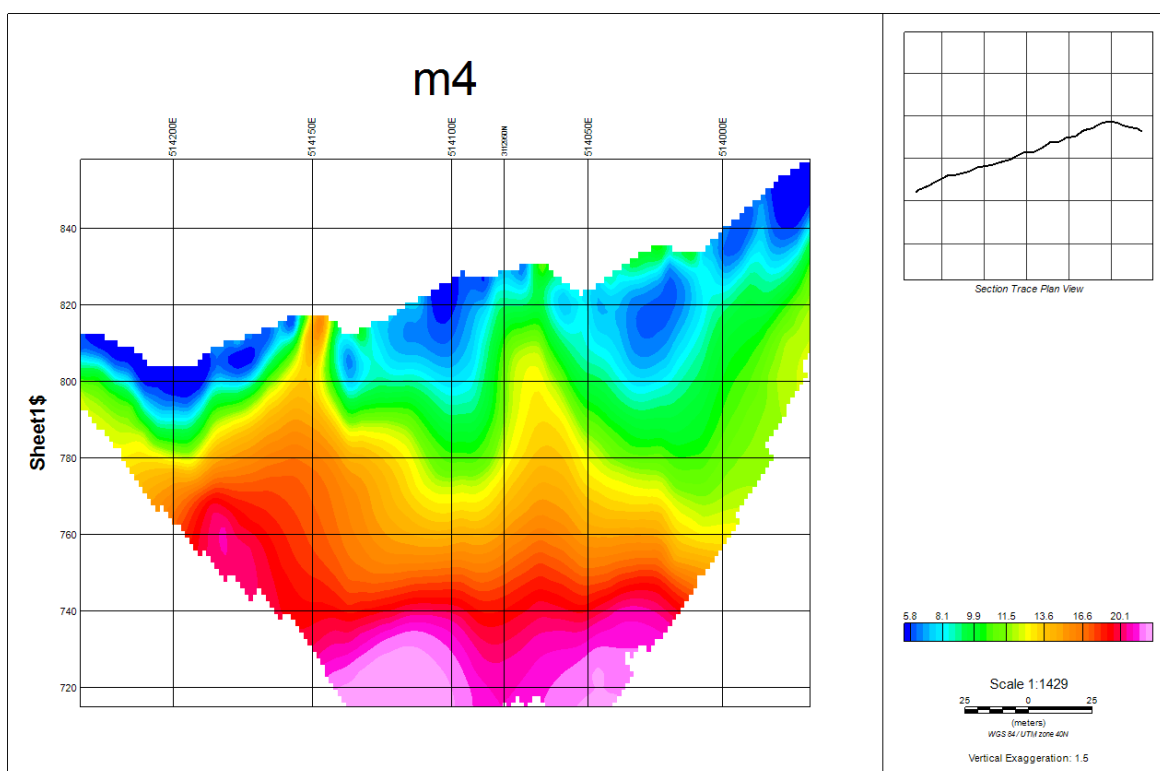
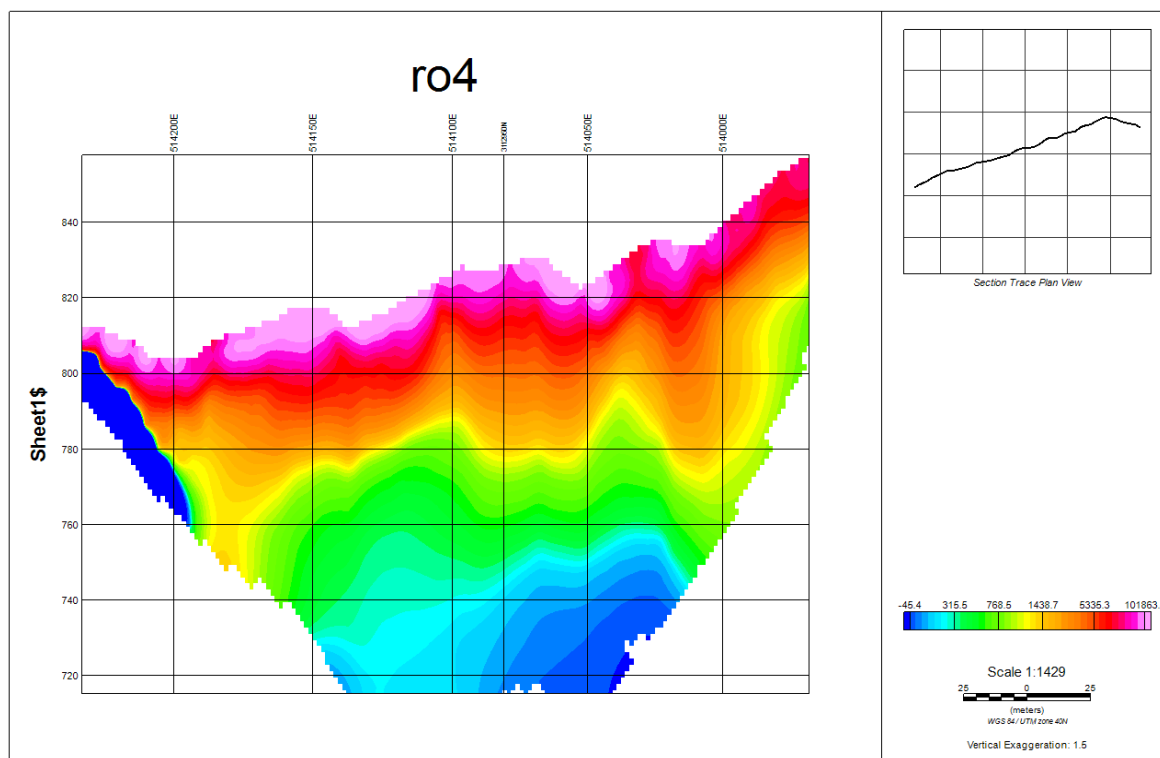
شکل ۱۷-۳- مقطع شارژپذیری حاصل از وارون‌سازی داده‌های صحرایی به روش پل-دایپل پروفیل ۶ در ژئوسافت.

۶-۱-۳- نتایج پروفیل ۴

در پروفیل چهارم که در بخش شمالی محدوده و مجزا و متمرکز بر واحدهای میکا گارنت شیست و بیوتیت گارنت شیست برداشت شده است، لایه هماتیته به صورت لایه‌ای با شیب ملایم به سمت شرق و همچنین لایه‌های مرمر با همان شیب در سطح مشاهده می‌شوند. در نقشه زمین‌شناسی، گسل‌های متعددی با روند شمالی-جنوبی و عمود بر مسیر پروفیل ترسیم شده که می‌توانند نقش مهمی در قطع و جابه‌جایی این لایه داشته باشند. از ابتدای پروفیل تا فاصله حدود ۱۰۰ متری که در واحد بیوتیت گارنت شیست برداشت شده، مقاومت ویژه از سطح تا عمق ۱۰۰ متری به صورت لایه‌ای کاهش یافته (از بیش از ۳۰۰۰ تا ۲۰ اهم‌متر) و در مقابل، شارژاییته به صورت لایه‌ای از کمتر از ۲ تا حداکثر ۳۰ میلی ولت بر ولت افزایش می‌یابد. در ادامه پروفیل (بعد از فاصله ۱۰۰ متر) که در واحد میکا گارنت شیست برداشت شده نیز همین توالی لایه‌ای با کاهش مقاومت و افزایش IP تکرار می‌گردد که حاکی از تداوم این افق‌ها در هر دو واحد سنگی است. با توجه به حضور گسل‌های متعدد عمود بر پروفیل، انتظار می‌رود این لایه‌ها در محل برخورد با گسل‌ها دچار جابه‌جایی یا تغییر ضخامت شوند که این موضوع می‌تواند در داده‌های ژئوفیزیکی به صورت ناپیوستگی در روند لایه‌ای ناهنجاری‌ها در مقطع مقاومت ویژه قابل تشخیص باشد. با این وجود رنج تغییرات شارژاییته تنها در عمق‌های بالاتر از ۸۰ متر قابل توجه است.



شکل ۱۸-۳- مقطع مقاومت ویژه، شارژپذیری حاصل از وارون‌سازی داده‌های صحرایی به روش پل-دایپل پروفیل ۴.



شکل ۱۹-۳- مقطع مقاومت ویژه و شارژپذیری حاصل از وارون سازی داده های صحرایی به روش پل-دایبل پروفیل ۴ در ژئوسافت.

۴ - فصل چهارم: نتایج

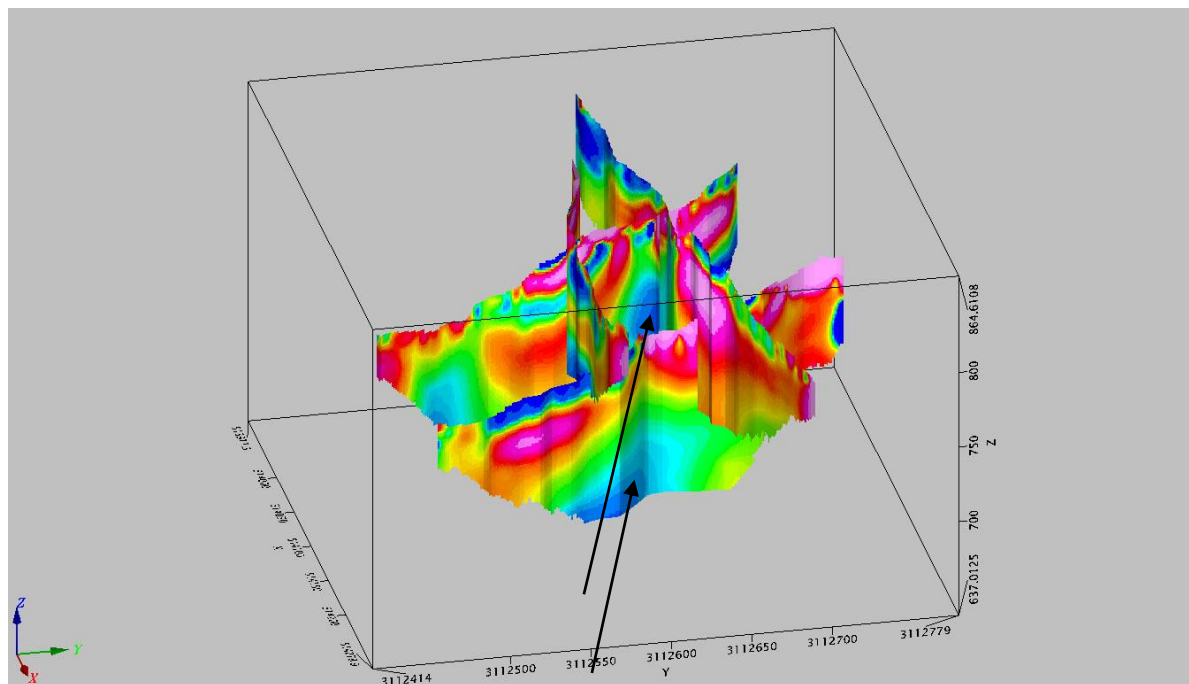
۴-۱- مقدمه

در این پروژه ژئوفیزیکی، عملیات برداشت IP/RS در قالب شش پروفیل طراحی و اجرا گردید که به دلیل تغییرات لیتولوژی و ساختاری منطقه، در دو بخش مجزا قابل دسته‌بندی هستند. پنج پروفیل اول (پروفیل‌های ۱-۲-۳-۴-۵-۶) در بخش جنوبی محدوده و با هدف پوشش واحدهای سنگی موسکویت کالک شایست، بیوتیت گارنت شایست، موسکویت شایست و گرافیت موسکویت شایست برداشت شدند که عمدتاً در امتداد و یا موازی با یکدیگر و عمود بر گسل اصلی منطقه طراحی شده‌بودند تا ارتباط بین ساختارهای گسلی، واحدهای سنگی و ناهنجاری‌های ژئوفیزیکی مورد بررسی قرار گیرد. در مقابل، پروفیل ۴ در بخشی مجزا و با تمرکز بر واحدهای میکا گارنت شایست و بیوتیت گارنت شایست برداشت گردید که لایه‌های هماتیتی و مرمر با شیب ملایم به سمت شرق در سطح آن قابل مشاهده بوده و گسل‌های متعدد با روند شمالی-جنوبی نیز در این بخش شناسایی شده‌اند. این دسته‌بندی در ارائه نتایج و تفسیر نهایی، امکان تفکیک بهتر رفتار ژئوفیزیکی واحدهای مختلف و نقش ساختارها در توزیع ناهنجاری‌ها را فراهم می‌سازد.

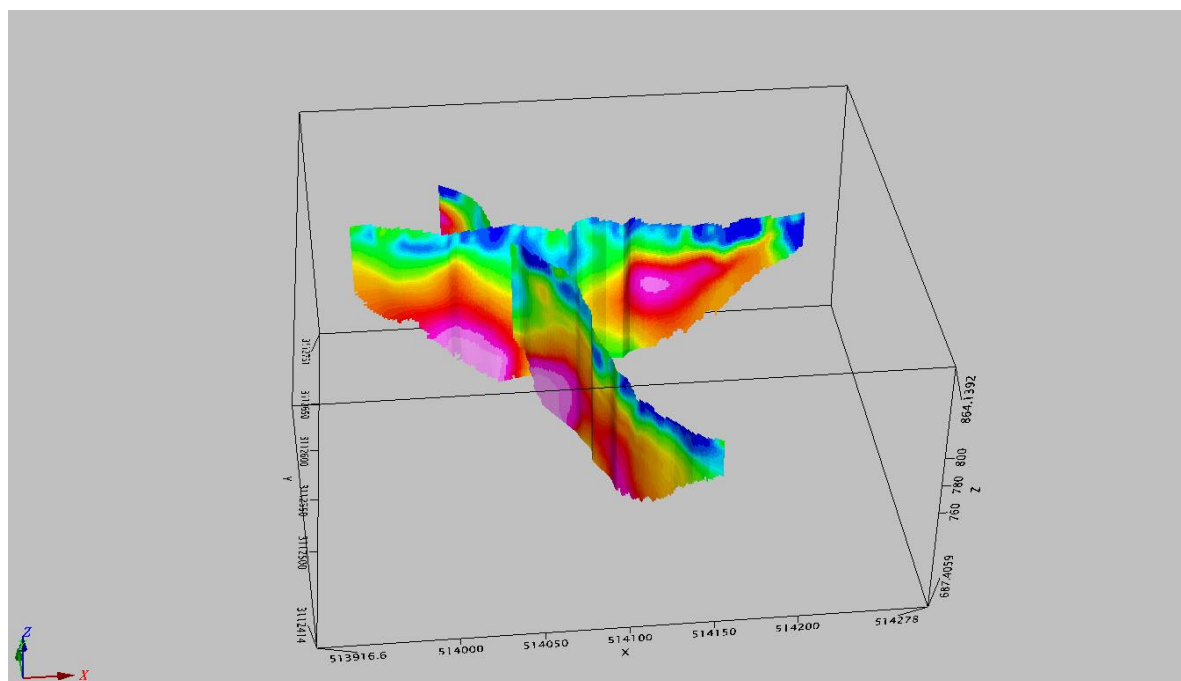
۴-۲- نتایج مطالعات در بخش جنوبی

به‌منظور تفسیر و درک بهتر نحوه تغییرات مقادیر شارژبیلته و مقاومت‌ویژه الکتریکی واحدها به ارائه و نمایش مقاطع پروفیل‌ها، در فضای سه‌بعدی پرداخته شد. پس از پردازش مجدد داده‌های وارون‌سازی شده در مراحل قبل، کلیه داده‌های پردازش شده به محیط ژئوسافت منتقل و مقادیر IP و RS با استفاده از ابزار وکسل (Voxel) و شبکه‌سازی سه‌بعدی، ترسیم و ارائه شد. در ادامه موقعیت نقاط مدل شده بخش جنوبی از پروفیل‌ها را نشان می‌دهد که از سطح به عمق امتداد دارند. با بررسی تلفیقی داده‌های ژئوفیزیکی پنج پروفیل برداشت‌شده (پروفیل‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ و ۶) در بخش جنوبی محدوده شمال شرقی فاریاب، الگوی منظم و تکرارشونده‌ای از توزیع ناهنجاری‌های شارژبیلته و مقاومت ویژه در ارتباط با واحدهای سنگی و گسل اصلی منطقه قابل ترسیم است. در تمامی این پروفیل‌ها، یک گسل اصلی با روند مشخص به‌عنوان مرز ساختاری کلیدی عمل کرده و دو زون با رفتار ژئوفیزیکی کاملاً متفاوت را از یکدیگر جدا می‌کند. در یک سمت این گسل (عمدتاً جنوب)، واحدهای موسکویت کالک شایست و بیوتیت گارنت شایست میزبان ناهنجاری‌های IP قابل توجهی با مقادیر ۳۰ تا ۸۰ میلی‌ولت بر ولت و مقاومت ویژه ۱۰۰ تا ۳۰۰ اهم-متر هستند. این ناهنجاری‌ها به‌جز محدود آنومالی‌های با ابعاد کوچک، در پروفیل دوم به‌صورت لایه‌ای در عمق ۷۰ تا ۱۰۰ متری و در پروفیل سوم با همین رنج عمقی در خود

زون گسلی که افزایش IP به بالای ۵۰ میلی‌ولت بر ولت همراه با مقاومت پایین (کمتر از ۱۰۰ اهم-متر) مشاهده می‌شود.



شکل ۱-۴- مدل سه‌بعدی از گسلش اصلی در بخش جنوبی با مقاومت پایین و راستای جنوب شرق به شمال غرب.



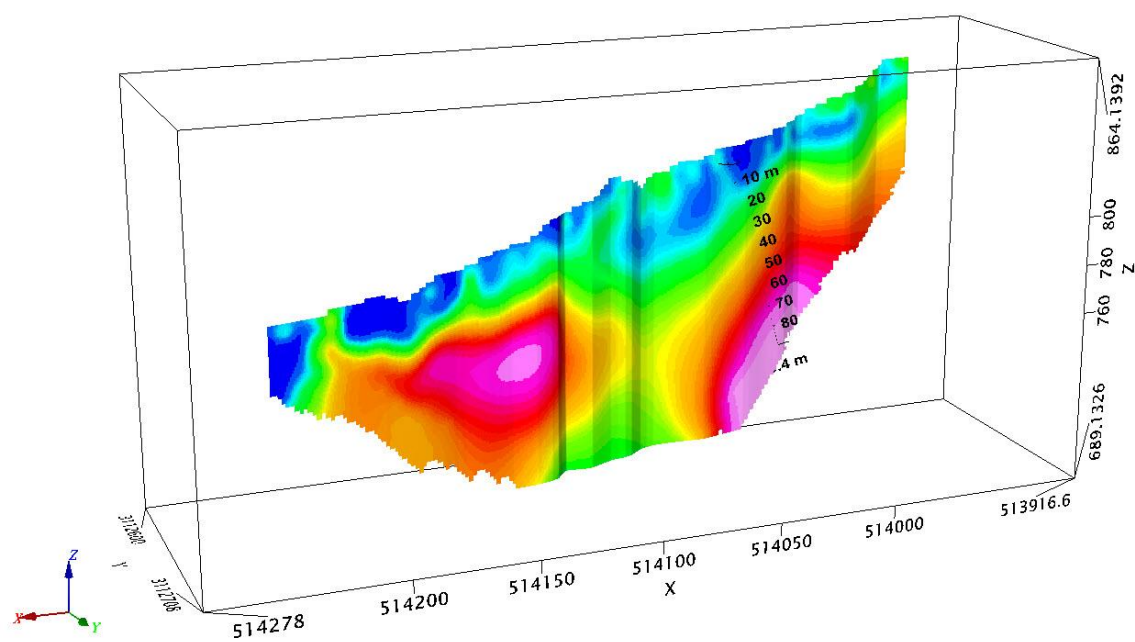
شکل ۲-۴- مدل سه‌بعدی از آنومالی شارژبیلیته در گسلش اصلی در بخش جنوبی با مقاومت ویژه پایین و راستای جنوب شرق به شمال غرب که در پروفیل دوم و سوم مشهود است.

مهمترین و تعیین‌کننده‌ترین نکته در تفسیر این داده‌ها، تناقض اساسی بین ناهنجاری‌های قوی IP و فقدان هرگونه شواهد زمین‌شناسی مثبت از کانی‌سازی سولفیدی یا طلا در نمونه‌های سطحی و مقاطع میکروسکوپی در این بخش است. لذا به لحاظ ژئوفیزیکی Low-resistivity و High-IP در بخش گسلش این فرضیه را مطرح می‌سازد که منشأ اصلی ناهنجاری‌های IP مشاهده شده (۵۰ تا ۸۰ میلی‌ولت بر ولت) در سناریوی اول ناشی از مواد گرافیت و کربن‌دار موجود در واحدها و یا زون‌های آبدار در امتداد گسل اصلی می‌باشد. گرافیت به عنوان یک رسانای الکتریکی، قادر به ایجاد ناهنجاری‌های IP بسیار بالا (گاه تا ۱۰۰ میلی‌ولت بر ولت) است و الگوهای لایه‌ای، توده‌ای و گسلی مشاهده شده را به خوبی توجیه می‌کند. حضور این واحد در مجاورت گسل‌ها و افزایش IP دقیقاً در زون‌های گسلی (پروفیل‌های دوم، سوم) احتمال وجود گرافیت و یا آب را در مسیرهای خرد شده دوچندان می‌کند. همچنین در پروفیل اول، عبور پروفیل از روی واحد گرافیت موسکویت شیبست و افزایش فاکتورهای فیزیکی در این بخش، مجدداً بر نقش گرافیت در سناریوی اول را تأکید دارد.

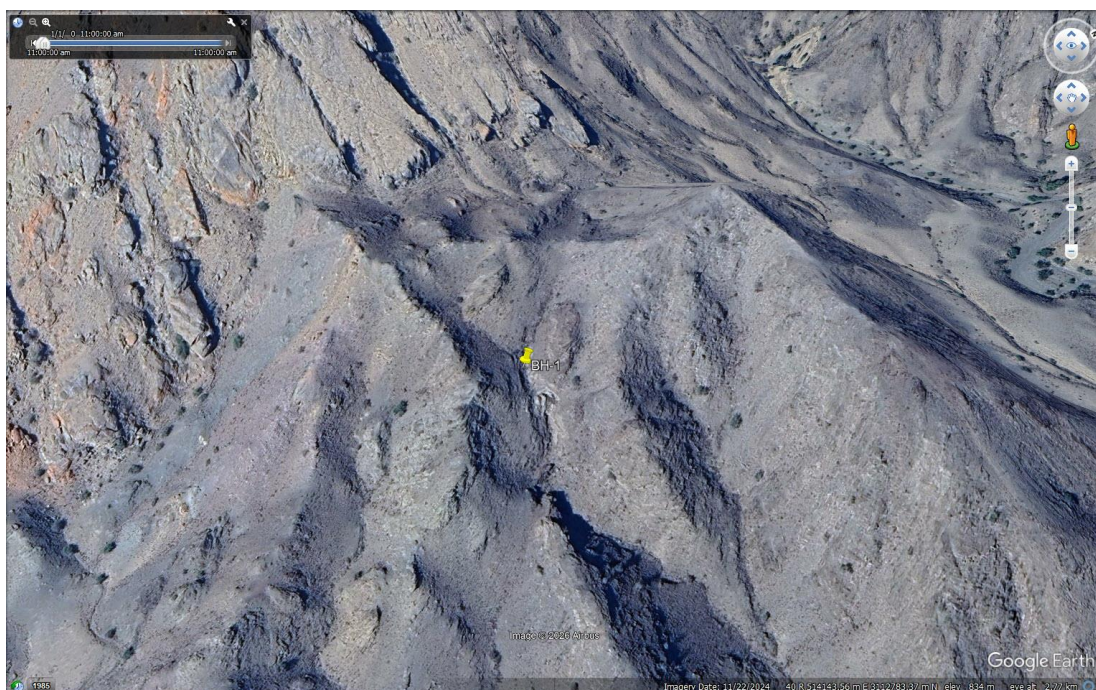
بنابراین در زون‌های گسلی با مقاومت بسیار پایین (کمتر از ۲۰ اهم-متر) و IP بالا (بیش از ۶۰ میلی‌ولت بر ولت) در پروفیل‌های دوم و سوم که تا عمق ۱۰۰ متری مورد برداشت قرار گرفته‌اند، ترکیب خردشدگی شدید، رطوبت، رس‌های دگرسانی و وجود گرافیت محتمل‌ترین توجیه است. هرچند حضور سولفیدها را نمی‌توان به طور کامل رد کرد، اما با توجه به فقدان شواهد زمین‌شناسی، این احتمال بسیار ضعیف و نزدیک به صفر است.

ناهنجاری‌های واقع در فاصله از گسل و درون واحدهای فاقد گرافیت (مانند بخش ابتدایی پروفیل سوم) که به پیشنهاد تیم فنی برداشت شد و (بخش جنوبی پروفیل اول) از نظر تئوری اعتبار بیشتری برای کانی‌سازی دارند، اما همین ناهنجاری‌ها چه بسا کوچک در پروفیل‌های مجاور تنها در پروفیل پنجم تکرار شده که تنها مؤید ابعاد نه چندان قابل توجه از این آنومالی است.

برای بسته شدن قطعی پرونده اکتشافی و رفع ابهامات باقی مانده، حفاری یک گمانه محدود و هدفمند در بهترین ناهنجاری (مثلاً بخش انتهایی پروفیل سوم) توصیه می‌شود تا ماهیت ماده ایجادکننده IP از طریق بررسی مستقیم مغزه‌ها تأیید گردد. موقعیت این گمانه به همراه اطلاعات آن در ادامه آورده شده است.



DH Depth	DH Dip	DH Azimuth	Mask	DH East x	DH North y	DH RL z
0.0	-69.4	249.6	*	514045.2	3112642.1	819.4



شکل ۳-۴- موقعیت گمانه پیشنهادی در بخش جنوبی.

۴-۱- نتایج مطالعات در بخش شمالی

در پروفیل چهارم که در بخش شمالی محدوده و بر روی واحدهای میکا گارنت شیست و بیوتیت گارنت شیست با لایه‌های هماتیتی و مرمر برداشت شده‌است، یک الگوی ژئوفیزیکی بسیار منظم و لایه‌ای شامل کاهش تدریجی مقاومت ویژه از بیش از ۳۰۰۰ اهم-متر در سطح تا حدود ۲۰ اهم-متر در عمق ۱۰۰ متری، همراه با افزایش شارژاییلیتی از مقادیر بسیار پایین تا حداکثر ۳۰ میلی‌ولت بر ولت در اعماق بالای ۸۰ متر مشاهده می‌گردد. این الگو از نظر ساختاری با هندسه لایه‌بندی منطقه هماهنگ است و محتمل‌ترین توجیه برای ناهنجاری‌های این پروفیل، ترکیبی از عوامل غیر معدنی است. رسیدن به سطح ایستابی (احتمالاً) در اعماق بالای ۸۰ متر، کاهش شدید مقاومت را توضیح می‌دهد و حضور مواد کرین‌دار (گرافیت) به‌صورت پراکنده، تأثیر گسل‌های متعدد عمود بر پروفیل در تمرکز رطوبت و ایجاد ناپیوستگی‌ها می‌تواند IP تا ۳۰ میلی‌ولت بر ولت ایجاد کند. بنابراین بخش شمالی به‌لحاظ ژئوفیزیکی فاقد پتانسیل کانی‌سازی اقتصادی بوده و ناهنجاری‌های آن منشأ غیر معدنی دارند.

۴-۲- نتیجه گیری نهایی

مطالعات ژئوفیزیک IP-RS در محدوده فاریاب با برداشت ۶ پروفیل به پایان رسید. بر اساس تحلیل داده‌ها، منطقه به دو زون با رفتارهای الکتریکی متفاوت تقسیم می‌شود.

در این بخش جنوبی، گسل اصلی به عنوان یک مرز ساختاری، دو محیط با مقاومت ویژه متفاوت را از هم جدا کرده است. ناهنجاری‌های شناسایی شده در پروفیل‌های ۲ و ۳ با مقدار IP بیش از ۵۰ میلی‌ولت بر ولت و مقاومت کمتر از ۱۰۰ اهم-متر، دو فرضیه اصلی را مطرح می‌کنند. فرضیه اول که محتمل می‌باشد، پاسخ‌های بالای IP ناشی از حضور واحدهای گرافیت‌موسکویت شیست در مجاورت گسل یا زون‌های خردشده پرشده با سیالات است. فرضیه دوم با احتمال ضعیف‌تر (هدف اکتشافی)، حضور کانی‌زایی سولفیدی نهفته در عمق که به دلیل عدم رخنمون در سطح، در مطالعات زمین‌شناسی اولیه مشاهده نشده است.

در بخش شمالی، افزایش تدریجی بارپذیری همزمان با کاهش شدید مقاومت ویژه (تا ۲۰ اهم-متر) در عمق، نشان‌دهنده وجود یک واحد رسانای گسترده است. با توجه به لیتولوژی منطقه، احتمال می‌رود این پاسخ ناشی از افق‌های طبیعی لایه بندی در زیر واحدهای میکا-گارنت شیست باشد.

جهت تفکیک قطعی بین سناریوی وجود سیالات و کانی‌زایی سولفیدی در بخش جنوبی، حفر یک گمانه شناسایی هدفمند در انتهای پروفیل ۳ (محل ناهنجاری High-IP/Low-RS) پیشنهاد می‌گردد. در صورت تایید سناریوی اول در اولین گمانه، با توجه به انطباق الگوها، احتمال اقتصادی بودن سایر ناهنجاری‌های مشابه در بخش جنوبی بسیار ضعیف ارزیابی شده و می‌توان نسبت به توقف عملیات حفاری تصمیم‌گیری کرد.