

اکتشاف و استخراج قیر طبیعی با استفاده از روش‌های ژئوفیزیکی همراه با یک مطالعه موردی

سپیده یاسمی خیابانی^۱، نسیم حیدریان دهکردی^۲

۱ عضو هیأت علمی پژوهشکده علوم پایه کاربردی، جهاددانشگاهی

۲ عضو هیأت علمی پژوهشکده علوم پایه کاربردی، جهاددانشگاهی

نام نویسنده مسئول:

نسیم حیدریان دهکردی

چکیده

به طور کلی تا چندین دهه قبل روش‌های پی‌جویی مواد معدنی بیشتر به بررسی‌های زمین‌شناسی و شاخه‌های مختلف آن محدود می‌شد ولی امروزه روش‌های متفاوت ژئوفیزیکی بسته به نوع ماده معدنی و شرایط زمین‌شناسی می‌توانند اطلاعات اولیه ارزشمندی را در مورد موقعیت، حجم و عیار تقریبی نهشته معدنی در اختیار متخصصین قرار دهند. از آنجایی که قیر طبیعی نسبت به سنگ‌های اطراف خود مقاومت الکتریکی بیشتر و چگالی کمتری دارد استفاده از این‌این خصوصیات فیزیکی می‌تواند برای مفسرین ژئوفیزیک بیانگر مکان مخازن احتمالی قیر طبیعی باشد و در نتیجه روش‌های ژئوالکتریک و گرانی‌سنجی می‌توانند به عنوان یکی از روش‌های ژئوفیزیکی برای اکتشاف ذخایر قیر طبیعی مورد استفاده قرار بگیرند. فقط آنچه که مهم است شرایط توپوگرافی منطقه باید اجازه برداشت را بدهد. در این مطالعه با توجه به سخت بودن توپوگرافی منطقه امکان انجام مطالعات گرانی‌سنجی نبود ولی از روش ژئوالکتریک با آرایه دوقطبی- دو قطبی در منطقه معدنی در محدوده جنوب غرب استان کرمانشاه استفاده شده است. بر اساس اطلاعات بدست آمده می‌توان گفت که پارامتر مقاومت ویژه می‌تواند لایه‌های حاوی مواد قیر طبیعی را مشخص نماید، زیرا مواد قیر طبیعی عموماً عایق بوده و مقاومت ویژه الکتریکی بسیار بالایی دارند.

کلمات کلیدی: ژئوفیزیک، روش گرانی‌سنجی، روش دوقطبی، دو قطبی، قیر طبیعی، مقاومت ویژه

مقدمه

قیر طبیعی یکی از مشتقات نفت خام می باشد که در اثر راهیابی به سطح زمین و قرارگیری در یک فضای مناسب و خشک به وجود می آید. این ماده معدنی مهم در کشورهای اندکی یافت می شود و ایران یکی از معدود کشورهایی است که دارای ذخایر قیر طبیعی فراوان است. تشکیل این ماده هیدروکربنی به عوامل مختلفی بستگی دارد که از جمله مهمترین آنها می توان به گسلها اشاره کرد. گسل ها نقش مهمی در کنترل مواد هیدروکربنی دارند و مسیرهای جانبی و عمودی برای عبور مواد هیدروکربنی فراهم می کنند. همچنین گسلها می توانند از حرکت مواد هیدروکربنی جلوگیری کرده و مخازن بزرگ هیدروکربنی را به وجود آورند. با توجه به اینکه قیر طبیعی نسبت به سنگهای اطرافش مقاومت ویژه الکتریکی بیشتری و چگالی کمتری دارد. استفاده از مطالعات ژئوفیزیکی که مبنای آن شناسایی لایه های زمین با بررسی برخی از خواص فیزیکی ذاتی آنها و یا تأثیرشان بر کمیات فیزیکی در سطح زمین است می تواند در اکتشاف قیر موثر باشد. لذا روش های ژئوالکتریک و گرانی سنجی از دسته روشهای ژئوفیزیکی که به ترتیب مبین مقاومت ویژه الکتریکی و چگالی می باشند. (Ram Babu 1988, Jones and Hockey, 1964, Klemme 1975). به منظور تعیین نقاط حفاری برای اکتشاف قیر طبیعی به عنوان یکی از روش های اولیه کاربرد زیادی دارند. لذا اولین گام در اکتشاف این ماده معدنی، تهیه نقشه های زمین شناسی، توپوگرافی و مطالعات زمین شناسی می باشد و سپس در صورتی که این مطالعات وجود این ماده معدنی را تا حدودی تایید کردند گام بعدی انجام مطالعات ژئوفیزیک است.

معرفی روش گرانی سنجی

هدف از مطالعات گرانی سنجی بررسی شتاب جاذبه زمین و همچنین بحث درباره شکل میدامن جاذبه زمین در نقاط مختلف است. با توجه به اینکه میدان جاذبه به جنس لایه ها بستگی دارد با این روش می توان به تحلیل و بررسی مسایل زمین ساختی مثل گنبدها، گسل ها و توده های نفوذی پرداخت (Ram Babu, 1988, Akinmosin, 2011, 2012).

روش گرانی سنجی یکی از قدیمی ترین روش های ژئوفیزیکی است که ابتدا برای تشخیص محل مواد معدنی و بعد از آن به عنوان یکی از روش های اصلی در اکتشاف نفت به کار گرفته شده است. اساس این روش اختلاف در میدان گرانی اندازه گیری شده در نقاط مختلف می باشد. در شکل ۱ نمای شماتیک از داده برداری به این روش نمایش داده شده است.

روش گرانی سنجی می تواند روشی مناسب برای به نقشه درآوردن ساختارهای مختلف زمین شناسی از جمله موارد زیر مفید باشد:

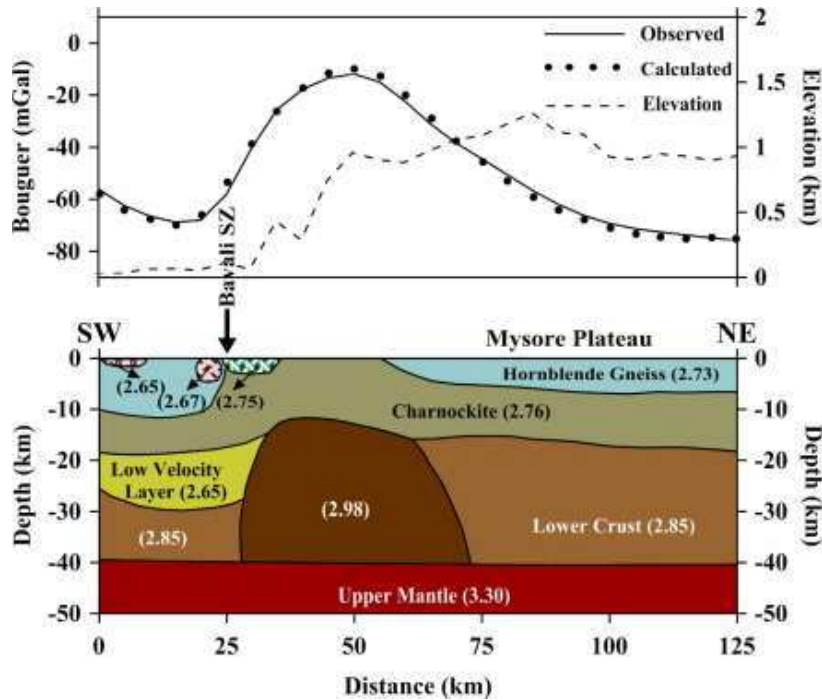
تغییرات عمق سنگ بستر(نواحی رسوبی)

سنگ ها و توده های نفوذی

گسل ها، دایک ها و یا زون های خرد شده و گسل خورده

شناسایی گنبد های نمکی

شناسایی مرزهای زمین شناسی

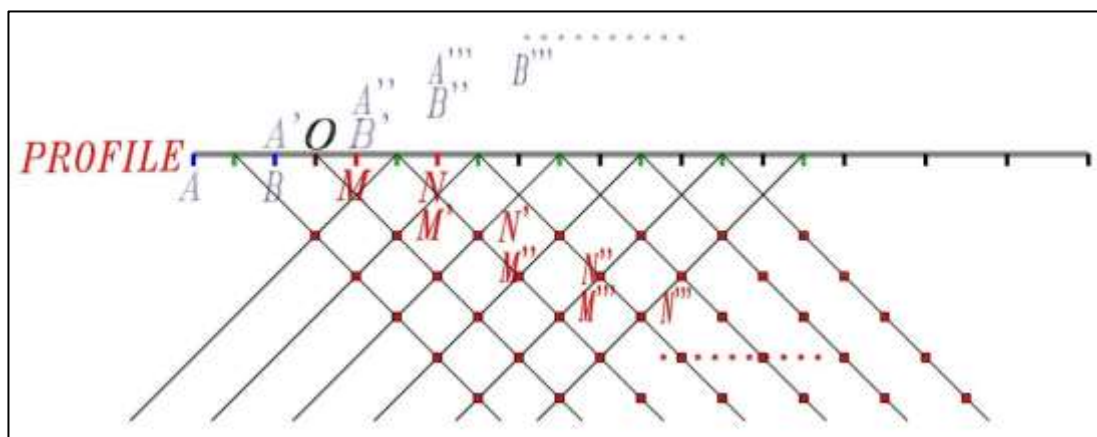


شکل ۱- نمایی شماتیک از مقادیر داده برداری گرانی سنجی

معرفی روش زئوالکتریک با آرایه دو قطبی - دو قطبی

در آرایش دو قطبی - دو قطبی الکترودهای 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 بدست آوردن شبه مقطعی مقاومت ویژه ظاهری در مسیر یک پروفیل استفاده می‌شود. در این نوع آرایش هر چهار الکتروده A, B, M, N در امتداد یک پروفیل قرار داشته و عملاً فاصله الکترودهای فرستنده AB مساوی فاصله الکترودهای گیرنده MN و برابر با a می‌باشد. در هر اندازه‌گیری الکترودهای AB ثابت بوده و الکترودهای MN در امتداد پروفیل به اندازه a حرکت می‌کند، در نتیجه اندازه‌گیری برای عمق‌های مختلف انجام می‌گیرد.

فاصله بین نزدیکترین الکترودهای جریان پتانسیل برابر na می‌باشد ($n=1,2,3,\dots$) و عمق هر اندازه‌گیری برابر $na/2$ خواهد بود و عدد اندازه‌گیری شده برای نقطه‌ای به محل تلاقی دو خط با زاویه ۴۵ درجه نسبت به سطح زمین که از وسط AB, MN رسم شده نسبت داده می‌شود. به این ترتیب از مجموع نقاط اندازه‌گیری شده با این روش شبه مقطعی از شارژپذیری و مقاومت ویژه ظاهری در امتداد یک پروفیل بدست خواهد آمد. در شکل ۲ این آرایه نشان داده شده است (دبلیو ۱۳۸۷ و حجت ۱۳۹۰، سلیمی و کریمی ۱۳۹۳).



شکل ۲- آرایش الکترودهای دوقطبی- دوقطبی و نقطه اثر هر اندازه‌گیری

مقطع مقاومت ویژه ظاهری (RS)

مقاومت ویژه ظاهری از حاصلضرب ضریب هندسی آرایه (K) در اختلاف پتانسیل اولیه (Vp) تقسیم بر شدت جریان الکتریکی ارسال شده توسط ترانس (I) محاسبه می‌گردد.

$$RHO = (K \times VP) / I$$

دستگاه اندازه‌گیری مقدار VP را بعنوان خروجی اندازه‌گیری می‌نماید. وابسته به آرایش هندسی مورد استفاده می‌توان میزان و نهایتاً مقدار مقاومت ویژه ظاهری را محاسبه کرد. مقدار ضریب K پس از تعیین موقعیت‌های الکترودهای فرستنده (C1, C2) و الکترودهای گیرنده (P1, P2) بر حسب متر از یکدیگر و نیز معرفی نوع آرایش اعم از مستطیلی، دو قطبی- دو قطبی مشخص می‌شود. بعنوان مثال مقدار K برای هر دایپل به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$K = 1/2\pi (1/C1P1 - 1/C1P2 - 1/C2P1 + 1/C2P2)$$

به هر حال در تعبیر و تفسیر نقشه‌ها از الگوهای معینی که بر اساس تطابق بی‌هنجاری‌ها در هر نقشه و نیز در نظر گرفتن مسائل زمین‌شناسی حاصل گردیده، استفاده شده است. هنگام مدلسازی از ارتفاع نقاط پروفیلها برای انجام تصحیحات توپوگرافی استفاده می‌شود. به عبارت دیگر تاثیر توپوگرافی بر روی موقعیت و شدت پارامترهای اندازه‌گیری شده محاسبه و اعمال می‌گردد.

مطالعه موردی

به منظور اکتشاف قیر طبیعی در منطقه ای واقع در جنوب غرب استان کرمانشاه که نقشه آن در شکل ۳ نشان داده شده است تصمیم با انجام مطالعات گرانی سنجی و ژئوالکتریک گرفته شد ولی با توجه به توپوگرافی شدید منطقه امکان برداشت های گرانی سنجی با مشکلات زیادی همراه بود لذا در محدوده مطالعاتی تنها برداشت ژئوالکتریک با آرایش الکترودی دو قطبی- دو قطبی انجام شد. از نقطه نظر زمین شناسی، سازند های منطقه را سازند های گروه فارس تشکیل می دهند که این گروه از سازند میشان، آغاچاری و گچساران تشکیل شده است. کانسارهای قیر طبیعی در ناحیه جنوب غرب استان کرمانشاه، از فرار مواد نفتی از حوزه نفتی نفت شهر و گیر افتادن این مواد در زیر ژیبس های توده ای سازند گچساران تشکیل شده است. در منطقه عموماً سنگ کف از لایه های مارنی - ماسه سنگی قرمز رنگ سازند آغاچاری است که می توان انرا با نفوذ پذیری خیلی کم به شمار آورد ولی با توجه به زمین شناسی منطقه، محدوده مورد نظر در سازند گچساران واقع شده است (آقاباتی ۱۳۸۳).

به منظور انجام مطالعات ژئوالکتریک در محدوده مورد مطالعه ابتدا ۳ محدوده برای انجام مطالعات در نظر گرفته شده بود که در یکی از آنها بدلیل مشکلات زمین‌شناسی سطحی، علی‌رغم اجرای کامل چیدمان الکترودی امکان داده‌برداری میسر نگردید. دلیل اصلی عدم امکان برداشت در محدوده اخیر وجود سنگ‌های گچی کاملاً خشک، بشدت هوازده و عایق و نهایتاً عدم امکان ارسال جریان الکتریکی به عمق زمین بود. در این مطالعات از یک سیستم اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی مدل WDDS-1 ساخت شرکت BTKS استفاده شد. با توجه به اطلاعات صحرائی اعم از اطلاعات ژئوفیزیک و نیز اطلاعات زمین‌شناسی سطحی و با استفاده از نرم افزار تخصصی Res2DInv شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری اندازه‌گیری و محاسبه شد و نیز نقشه های مدلسازی دو بعدی تهیه گردید. که در ذیل به بررسی هر یک می پردازیم.



شکل ۳- موقعیت محدوده مورد مطالعه

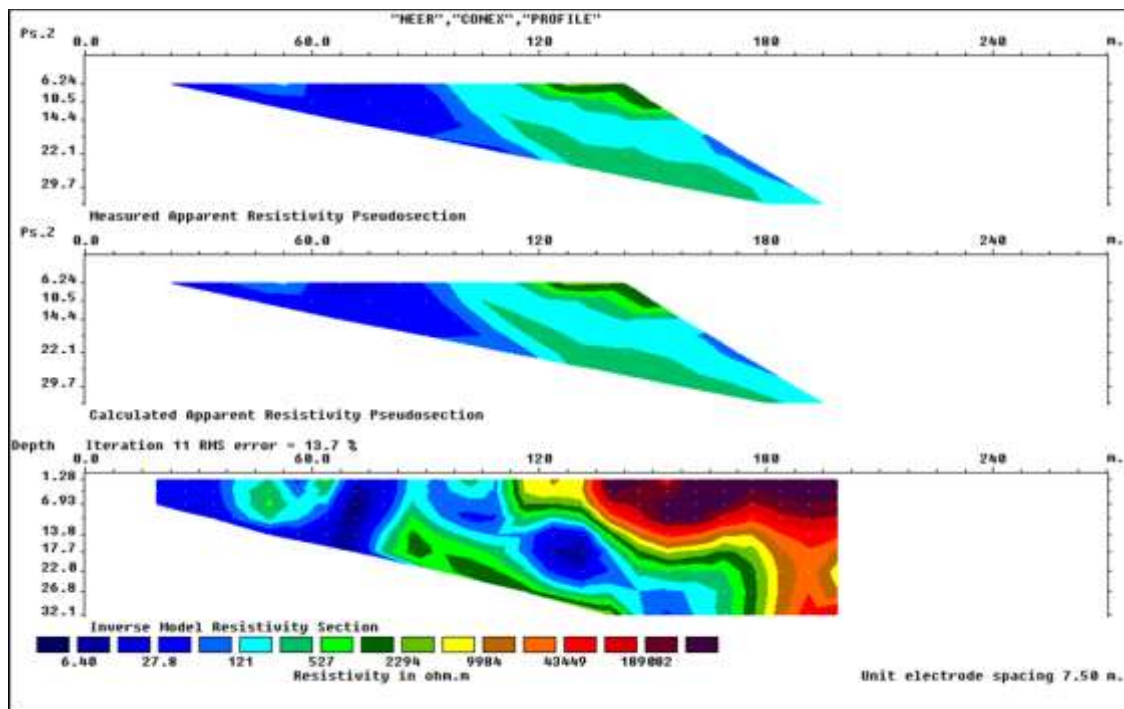
نتایج تعبیر و تفسیر مطالعات ژئوالکتریک در محدوده اول

در این محدوده حدود ۴۴ داده برداشت گردید. شکل ۴ نتایج مطالعات را نشان می‌دهد. مقاطع نشان داده شده در این شکل شبیه مقاطع ناقصی هستند که معمولاً در مطالعات ژئوفیزیک مشاهده می‌گردد. علت این امر عدم امکان برداشت کامل مقطع با توجه به توپوگرافی بسیار بالای انتهای پروفیل و محدودیت زمانی بوده است. مقطع فوقانی در این شکل عبارت از شبه مقطع مقاومت ویژه ظاهری است. این نقشه نشان دهنده توزیع عرضی و عمقی مقادیر مقاومت ویژه ظاهری اندازه‌گیری شده می‌باشد. این مقاطع محدوده‌هایی را که مقاومت ویژه اندازه‌گیری شده بصورت عرضی و عمقی دارای دچار تغییرات شده‌اند را نشان می‌دهد. در این محدوده بخش‌های هادی اغلب نشان دهنده مارن‌های محدوده مطالعاتی است.

این بخشها بیشتر در بخش‌های ابتدای جنوبی پروفیل و در اغلب عمق‌ها قابل مشاهده می‌باشد. مقادیر بدست آمده نشان از حضور بسیار ضعیف قیر طبیعی در این محدوده‌ها دارد. اما در نیمه شمالی محدوده وجود قیر طبیعی محتمل است. علت این امر افزایش مقادیر مقاومت ویژه ظاهری می‌تواند باشد. مقطع دوم عبارت از شبه مقطع مقاومت ویژه ظاهری محاسبه شده است. این مقطع معمولاً حاصل تفسیر داده‌های مقاومت ویژه ظاهری اندازه‌گیری شده است. در بحث اکتشاف کانسارها این مقطع و مقطع قبلی بیشتر به عنوان مقاطع کمکی برای تفسیر مدل‌سازی‌های انجام شده بکار می‌روند. نتایج بدست آمده در مقطع دوم بسیار شبیه مقطع اول است (البته با تغییرات جزئی). این موضوع نشان از عدم نیاز به تصحیحات بالا و مبین عدم تغییرات شدید در مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد. در این مقاطع نیز محدوده‌های جنوبی (ابتدای سمت پروفیل) مقادیر اندک را به خود اختصاص داده‌اند که نشان از وجود لایه‌های دانه ریز در حد مارن دارد.

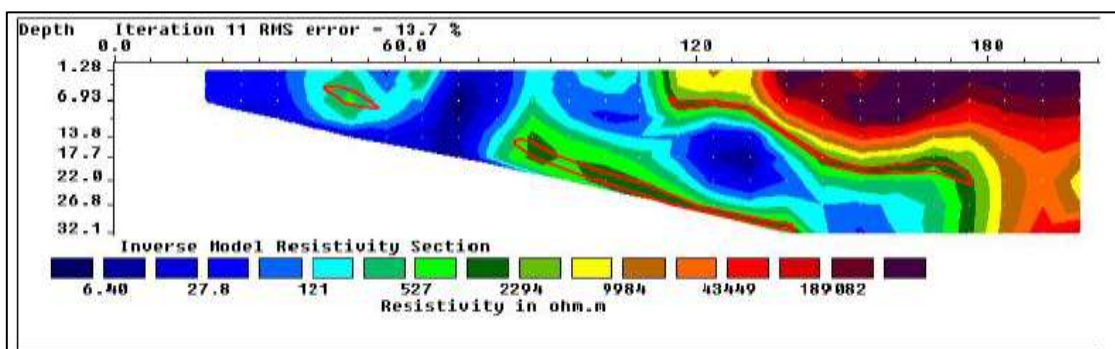
مهمترین و اصلی‌ترین مقطعی که نتایج کلی بر روی آن دیده می‌شود، مقطع مدل سازی دو بعدی است که این در واقع مقطع انتهایی شکل ۴ می‌باشد. در این مقطع تغییرات کلی مقاومت ویژه واقعی بصورت یک مدل دوبعدی زمین‌شناسی نشان داده شده است. همانطور که در این مقطع نیز مشاهده می‌گردد، بخش‌های جنوبی پروفیل (سمت چپ پروفیل) دارای لایه‌هایی با مقادیر حداقل مقاومت ویژه می‌باشند. لذا این مناطق حاوی مقادیر قیر طبیعی بالایی نمی‌تواند باشد. فقط در حدفاصل حدود ۴۵ الی ۵۰ متر از ابتدای پروفیل امکان حضور مقادیر اندکی قیر طبیعی وجود دارد. در این مدل دو بعدی، بخش‌هایی که می‌توانند دارای مواد قیر طبیعی باشند، به رنگ سبز تیره مشخص شده‌اند. در بخش‌های مرکزی پروفیل (حد فاصل بین ۸۰ تا ۱۴۰ متر از ابتدای پروفیل) و در عمق‌های بالا نیز لایه قیر طبیعی با ضخامت حدود ۱/۵ تا ۵ متر می‌تواند وجود داشته باشد. همچنین در حدفاصل ۱۱۵ تا ۱۷۵ متر از ابتدای پروفیل نیز لایه‌ای که می‌تواند از قیر طبیعی تشکیل شده باشد، با رنگ سبز تیره مشخص شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌گردد، در امتداد این پروفیل، تغییراتی در عمق برخورد به قیر طبیعی وجود دارد و عمق برخورد به قیر طبیعی به سمت انتهای پروفیل بیشتر می‌شود. بخش‌های آبی رنگ، قسمتهایی هستند که از مواد دانه‌ریز که احتمالاً دارای مواد رسی هستند، تشکیل شده و با توجه به زمین‌شناسی منطقه می‌تواند از مارن تشکیل شده باشد. در شکل مذکور شاهد افزایش ناگهانی و شدید مقاومت ویژه در انتهای پروفیل می‌باشیم. این موضوع می‌تواند

متاثر از حفره‌های خشک باشد. این حفرات می‌تواند در اثر انحلال و یا در اثر گسل‌هایی باشد که به مرور زمان و در اثر آبشست‌های آب‌های فوقانی عریض‌تر شده‌اند.



شکل ۴- مقاطع و نتایج مدل‌سازی در محدوده اول

به منظور توضیح بیشتر برای خواننده، در شکل ۵ بخش‌هایی را که از نظر مفسر می‌تواند دارای قیر طبیعی باشد، با خطوط قرمز رنگ بسته نشان داده شده است.

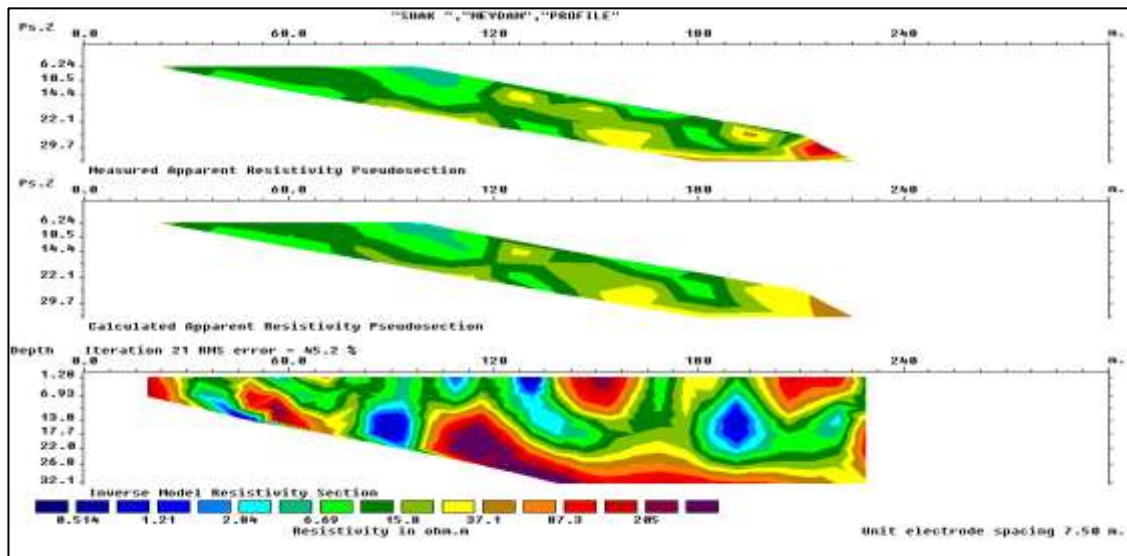


شکل ۵- خطوط قرمز رنگ نشانه حضور قیر طبیعی در محدوده اول است

نتایج تعبیر و تفسیر مطالعات ژئوالکتریک در محدوده دوم

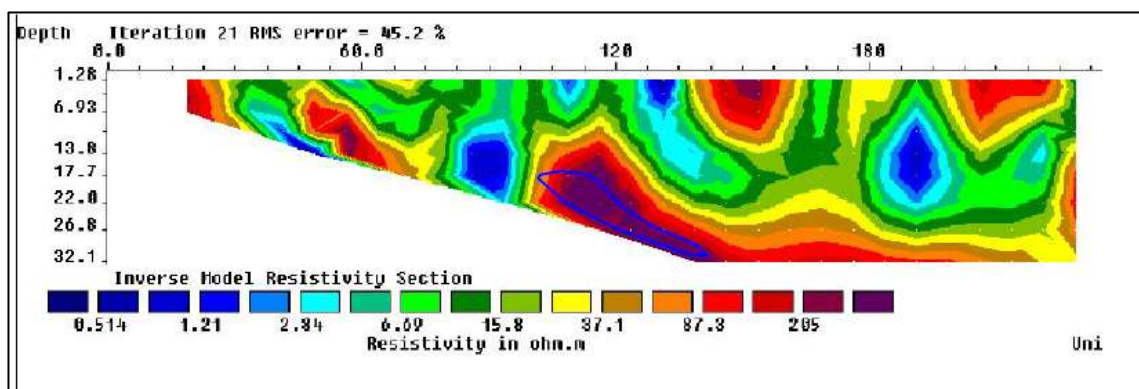
در این محدوده نیز حدود ۴۴ داده برداشت گردید. شکل ۶ نتایج مطالعات را نشان می‌دهد. مشابه با پروفیل قبلی به دلیل تعداد کم داده‌های برداشت شده، اشکال بدست آمده بصورت مقاطع ناقص نشان داده شده است. در این شکل نیز سه مقطع مشاهده می‌شود مقطع اول، مشابه با پروفیل قبلی، عبارت از شبه مقطع مقاومت ویژه ظاهری است. در این مقطع بخش‌های هادی به رنگ آبی و بخش‌های مقاوم به رنگ قرمز تا بنفش نشان داده شده است. مقادیر بدست آمده نشان از عدم وجود قیر طبیعی در حجم بالا در بخش‌های جنوبی (ابتدای سمت چپ پروفیل) دارد.

از نظر مطالعات ژئوفیزیک، آنچه که مسلم است، عدم وجود لایه‌بندی منظم رسوبی در این ناحیه است. مقادیر بدست آمده بیشتر نشان از وجود سنگ‌های هادی مارن و آنیدریت دارد. مقطع دوم نیز مشابه با پروفیل قبلی، عبارت از شبه مقطع مقاومت ویژه ظاهری محاسبه شده است. مهمترین و اصلی‌ترین مقطعی که نتایج کلی بر روی آن دیده می‌شود، مقطع مدل سازی دو بعدی حاصل از مطالعات اخیر در این محدوده است. در این مقطع تغییرات کلی مقاومت ویژه واقعی بصورت یک مدل دو بعدی زمین‌شناسی نشان داده شده است. همانطور که در این مقطع نیز مشاهده می‌گردد، بخش‌های مقاوم که می‌تواند نشان از وجود م قیر طبیعی باشد، به رنگ قرمز تا بنفش نشان داده شده است. لازم به توضیح است با توجه به شواهد زمین شناسی در ابتدای جنوبی پروفیل یک آبراهه کوچک، پروفیل ژئوالکتریک را قطع می‌کند. این آبراهه می‌تواند موجب افزایش نسبی مقاومت ویژه گردد. لذا بر اساس مقادیر بدست آمده و مدلسازی شده، احتمال اینکه در ۹۰ متر ابتدای جنوبی پروفیل مواد قیر طبیعی وجود داشته باشد، پایین است. اما در حد فاصل ۱۰۰ تا ۱۴۰ متری ابتدای پروفیل و در عمق‌های بالا شاهد افزایش نسبتاً شدید مقادیر مقاومت ویژه هستیم. این محدوده به رنگ بنفش و قرمز تیره نشان داده شده و می‌تواند دارای مواد قیر طبیعی باشد. همانطور که ملاحظه می‌شود لایه احتمالی قیر طبیعی دارای تغییرات در ضخامت می‌باشد و می‌تواند نشان از توده‌های بودن قیر طبیعی و نیز متاثر از وجود گسل‌های حاوی چنین موادی باشد.



شکل ۶- مقاطع و نتایج مدلسازی در محدوده دوم

مجدداً به منظور توضیح بیشتر برای خواننده، در شکل ۷ بخش‌هایی را که از نظر مفسر می‌تواند دارای قیر طبیعی باشد، با خطوط آبی رنگ بسته نشان داده شده است.



شکل ۷- خطوط آبی رنگ نشانه حضور قیر طبیعی در محدوده دوم است.

نتیجه گیری

پس از بررسی های زمین شناسی و تفسیر اطلاعات به دست آمده و نهایتاً تلفیق نتایج به دست آمده در محدوده معدنی گیلان غرب، می توان اظهار نمود که روش ژئوالکترونیک از قابلیت بالایی در تفکیک لایه های زمین شناسی با ضخامت اندک، تفکیک زون ها و توده های معدنی با گستردگی پایین و تفکیک گسل ها دارد. از این روش می توان احتمال وجود منابع قیر طبیعی در آنها را مشخص کرد و احتمال مشخص شدن توده های منفرد قیر طبیعی با دقت بالا با این روش وجود دارد. تشخیص رگه ای یا توده ای بودن قیر طبیعی در محدوده ها بر اساس اطلاعات مقاومت سنجی وجود دارد. تشخیص عمق برخورد به مواد معدنی قیر طبیعی در بخش های مختلف مورد مطالعه با تفسیر داده های مقاومت ویژه اندازه گیری شده وجود دارد.

با توجه به مطالعات صورت گرفته که بصورت تست های میدانی در محدوده های معادن قیر واقع در منطقه جنوب غرب استان کرمانشاه انجام شد، می توان نتیجه گرفت که محدوده اول دارای ذخایر قیر طبیعی بیشتری می باشد. در محدوده مذکور گستردگی لایه ای که احتمالاً از قیر طبیعی تشکیل شده است، نسبتاً بیشتر بوده و در عمق های متفاوت قابل شناسایی بوده است. البته ذکر این نکته ضروری است که لایه های قیر طبیعی با ضخامت پایین نیز می تواند در این محدوده وجود داشته باشد، اما با روش های بکار گرفته شده امکان ردیابی آنها میسر نبوده است. در محدوده دوم مقادیر مقاومت ویژه بدست آمده در اغلب بخش های پروفیل برداشت شده، نشان از عدم وجود قیر طبیعی با گستردگی بالاست و صرفاً در مرکز پروفیل امکان تشخیص مواد قیر طبیعی میسر بوده است.

بر اساس اطلاعات بدست آمده می توان گفت که پارامتر مقاومت ویژه که از مطالعات ژئوالکترونیک حاصل می شود می تواند لایه های حاوی مواد قیر طبیعی را مشخص نماید، زیرا مواد قیر طبیعی عموماً عایق بوده و مقاومت ویژه الکتریکی بسیار بالایی دارند. اما چنانچه تصمیم به مطالعات و عملیات ژئوفیزیک در حجم گسترده گرفته شود، مناسب تر آنست که اولاً عملیات و مطالعه محدوده طی چند مرحله انجام شود و مطالعات کل منطقه بصورت بخش بخش اجرا گردد و دوماً از دستگاه های ژئوالکترونیک که توان ارسال جریان الکتریکی بالایی هستند، استفاده گردد.

منابع و مراجع

- آقانیاتی، ع. "زمین شناسی ایران". نشر سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۳.
- حجت، آ. رنجبر، ح. "اصول ژئوالکترونیک کاربردی". انتشارات ستایش. ۱۳۹۰.
- دبلیو، ام، تلفورد. "ژئوفیزیک کاربردی (جلد دوم)", ترجمه دکتر زمردیان، ح. دکتر حاجب حسینی، ح. انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۷.
- سلیمی، پ. کریمی، م. "اکتشاف بیتومین به وسیله روش مقاومت ویژه در شهرستان نفت شهر"، شانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، ۱۳۹۳.
- کریم پور، م. "اکتشاف ذخایر معدنی". انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۹.

- Akinmosin, A.(2012). Characterization of a bitumen seepage in Eastern Dahomey Basin, SW, Nigeria. *Advances in Applied Science Research*, 3 (4):2078-2089.
- Akinmosin, A.(2011). Structural Control For Bitumen Seepages in Imeri, Southwestern Nigeria. *International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS Vol: 11 No: 01*.
- Akinmosin A. A, Omosanya K. O, Ikhane P. R, Mosuro G. O and Goodluck.(2012). Characterization of a bitumen seepage in Eastern Dahomey Basin, SW, Nigeria, *Advances in Applied Science Research*, 3, (4):2078-2089.
- Jones, H.A, Hockey, R.D, (1964). *The Geology of part of southwestern Nigeria*. Geological Survey of Nigeria (GSN) Bulletin,. vol 31, 101.
- Klemme H.D,(1975). *Geothermal Gradients, Heatflow and Hydrocarbon Recovery*. In: A.G. Fischer and S. Judson(eds), *Petroleum and Global Tectonics*. Princeton, New Jersey, Princeton Univ. Press,. pp. 251-304.
- Ram Babu, H. V., (1988), "Relationship of gravity, magnetic, and self-potential anomalies and their application to mineral exploration. *Geophysics*", Vol. 68, 1, 181-184.