



IMAM KHOMEINI
INTERNATIONAL UNIVERSITY

دوره اول، شماره ۱، پاییز ۱۳۹۵، صفحه ۲۹ تا ۳۹

Vol. 1, No. 1, autumn 2016, pp. 29-39



نشریه مهندسی منابع معدنی

Journal of Mineral Resources Engineering
(JMRE)

تصحیح جابه‌جایی ایستای داده‌های مگنتوتلوریک با استفاده از داده‌های الکترومغناطیس در حوزه زمان در یکی از میدان‌های نفتی جنوب غربی ایران

محمد فیلبندی کشکولی^{۱*}، ابوالقاسم کامکار روحانی^۲، علی مراد زاده^۳، رضا قائد رحمتی^۴، حسین عاصی^۵

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نفت گرایش اکتشاف، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود

۲- دانشیار، گروه معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود

۳- استادیار، گروه مهندسی معدن، دانشگاه تهران

۴- استادیار، گروه مهندسی معدن، دانشگاه لرستان

۵- کارشناس، مدیریت اکتشاف نفت ایران

(دریافت ۱۳۹۴/۰۲/۲۲، پذیرش ۱۳۹۴/۰۴/۲۲)

چکیده

هدف از این مطالعه تصحیح جابه‌جایی ایستای داده‌های مگنتوتلوریک در یکی از میدان‌های نفتی جنوب غرب ایران با استفاده از داده‌های الکترومغناطیس در حوزه زمان (TEM یا TDEM) است. برداشت داده‌های مگنتوتلوریک در بازه فرکانسی ۳۲۰-۰/۰۰۵ هرتز در محل برداشت داده‌های TDEM انجام گرفته است. مشکل عمده‌ای که به سبب توزیع آنومالی‌های سطحی موجب جابه‌جایی منحنی‌های مقادیر مقاومت ویژه می‌شود با عنوان جابه‌جایی ایستا (استاتیک شیفت) مطرح است که در این مطالعه از داده‌های TEM برای حذف این اثرات استفاده شده است. ابتدا هر دو مد داده‌های MT به وسیله انطباق با منحنی مربوط به تغییر مقاومت ویژه (به‌خصوص در فرکانس‌های بالا) مورد تصحیح جابه‌جایی ایستا قرار گرفت، سپس مدلسازی یک و دو بعدی بر روی داده‌های تصحیح‌شده با استفاده از نرم‌افزار WinGlink انجام شد. با توجه به نتایج تحلیل ابعادی داده‌های MT در منطقه مورد مطالعه می‌توان گفت که توزیع مقاومت ویژه در منطقه عمدتاً دوبعدی و سه‌بعدی است. بنابراین مدلسازی یک‌بعدی به تنهایی نتایج صحیحی در برنارد اما نتایج مدلسازی دوبعدی با تعیین و مطالعه دقیق امتداد ژئوالکتریکی ساختارها در منطقه تا حد زیادی معتبر است. در این مقاله برای دستیابی به مدل دوبعدی کاملاً دقیق مقاومت ویژه، تصحیح جابه‌جایی ایستای داده‌های MT با استفاده از داده‌های TEM برای تمام ایستگاه‌های پروفیل A انجام شد و نتایج مدلسازی دوبعدی انجام شده نشان داد که در سطح زمین تصحیح جابه‌جایی ایستا بر روی نتایج مدلسازی کاملاً تاثیرگذار است و اثرات گالوانیک سطحی را از بین می‌برد.

کلمات کلیدی

مقاومت ویژه الکتریکی، مگنتوتلوریک (MT)، الکترومغناطیس حوزه زمان (TEM یا TDEM)، مدلسازی دوبعدی.

۱- مقدمه

عملیات لرزه‌نگاری را به دنبال داشته است. تقریباً تمام سازندهای نفتی ایران در این منطقه به دلیل حرکات تکتونیکی و بالآمدگی در سطح زمین دیده می‌شوند اما سازند غالب در سطح زمین منطقه سازند گچساران است.

به منظور اکتشاف ساختارهای زیرسطحی منطقه از روش ژئوفیزیکی MT استفاده شده است. در این مقاله، تصحیح جابه‌جایی ایستای داده‌های مگنتوتلوریک به کمک داده‌های TEM در خط برداشت A و به طول ۱۶ کیلومتر با تعداد ۸۱ ایستگاه است. فاصله بین ایستگاه‌های MT (که در راستای عمود بر امتداد ساختارهای زمین‌شناسی منطقه برداشت شده‌اند) ۲۰۰ متر و فاصله بین ایستگاه‌های TEM (روی ایستگاه‌های فرد مگنتوتلوریک) ۴۰۰ متر است. نقشه زمین‌شناسی و سازندهای منطقه و موقعیت برداشت در شکل ۲ نشان داده شده است.

۲- مفاهیم تئوری روش‌های MT

منشا اصلی میدان‌های طبیعی الکترومغناطیس در روش MT در محدوده فرکانسی ۰/۰۰۰۱ تا ۱۰۰۰۰ هرتز، فعالیت‌های خورشیدی و آذرخش‌های بزرگ مقیاس است. این فعالیت‌ها میدان‌های الکترومغناطیسی تولید می‌کنند که در فضای بین یونسفر و سطح زمین منتشر می‌شوند. در روش MT جریان‌های الکتریکی در اثر تغییرات میدان الکترومغناطیسی طبیعی در زمین القا می‌شوند. این جریان‌های القایی میدان‌های الکترومغناطیس ثانویه را تولید می‌کنند و باعث تغییر میدان الکترومغناطیسی کل در سطح زمین می‌شوند. جریان القایی تولید شده در زمین به بزرگی میدان‌های الکترومغناطیسی و خواص الکتریکی سنگ‌ها بستگی دارد [۷].

تئوری پایه برای بررسی رفتار میدان‌های الکترومغناطیس با معادلات ماکسول بیان می‌شود که اولین بار در قرن نوزدهم منتشر شد [۸]. به طور عملی ثابت شده که مقاومت ویژه ظاهری (ρ_{xy}, ρ_{yx}) زمین به صورت تابعی از فرکانس به صورت زیر از مولفه‌های الکتریکی و مغناطیسی میدان به دست می‌آیند:

$$\rho_{yx} = 0 / 2T \left| \frac{E_y}{H_x} \right|^2 \quad (1)$$

$$\rho_{xy} = 0 / 2T \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2 \quad (2)$$

روش مگنتوتلوریک^۱ یا MT یکی از روش‌های الکترومغناطیسی است که در آن از میدان‌های طبیعی زمین برای به نقشه درآوردن تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی زیر سطح زمین استفاده می‌شود [۱،۲]. عمق نفوذ زیاد میدان‌های الکترومغناطیسی در روش MT (از ده‌ها متر تا ده‌ها کیلومتر) که تقریباً به صورت امواج تخت در زمین نفوذ می‌کنند، باعث شده است که این روش جایگاه ویژه‌ای در بین سایر روش‌های الکترومغناطیسی داشته باشد.

عمق اکتشاف بالای این روش به واسطه میدان‌های با فرکانس پایین، باعث کاربرد خاص آن برای اکتشاف ساختارهای عمیق زمین‌شناسی و هیدروکربنی و همچنین ذخایر معدنی عمیق شده است [۳].

به منظور به نقشه درآوردن ساختارهای زیرزمینی منطقه مدل‌سازی بر روی ۸۱ ایستگاه که در بازه فرکانس ۳۲۰-۰/۰۰۰۵ هرتز برداشت شده، انجام شده است. توزیع ایستگاه‌ها و موقعیت جغرافیایی منطقه موردنظر در شکل ۱ نشان داده شده است. در تفسیر داده‌های MT، جابه‌جایی‌های ایستا که به علت وجود ناهمگنی‌های سطحی الکتریکی ایجاد می‌شود و در صورت وجود توپوگرافی تشدید می‌یابد، باید قبل از مدل‌سازی و تفسیر داده‌ها حذف یا تعدیل شوند. روش‌های الکترومغناطیس در حوزه زمان (TEM یا TDEM)^۲ یکی از روش‌هایی است که برای تصحیح این اثر کارآمد است.

استنبرگ و همکاران در سال ۱۹۸۸ تصحیح داده‌های MT را با استفاده از داده‌های TEM انجام دادند [۴]. در سال ۱۹۹۶ مجو وارون‌سازی مشترک^۳ داده‌های TEM و MT را برای یک سونداژ انجام داد [۵] عرفان و همکاران در سال ۲۰۱۰، تصحیح داده‌های MT میدان ژئوترمال راف اندونزی را با استفاده از داده‌های TEM انجام دادند [۶]. در این مقاله تمام ایستگاه‌ها با استفاده از داده‌های TEM تصحیح و سپس مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها قبل و بعد از تصحیح آورده می‌شوند (شکل ۷ و ۸) تا وضعیت توزیع مقاومت ویژه ساختارهای زیر سطح زمین مشخص شود.

منطقه مورد مطالعه در یکی از میدان‌های نفتی جنوب غربی کشور قرار دارد و داده‌های MT آن در سال ۱۳۹۰ توسط یک شرکت چینی برداشت شد. در این منطقه، رخنمون سازند گچساران در سطح و تکتونیزه بودن شدید منطقه، مشکلاتی از قبیل عدم موفقیت در برداشت و تفسیر

میانگین هندسی جهات (دترمینان) است. در نبود اطلاعات کافی درباره ناهمگنی‌های سطحی که معمولاً با روش‌های الکترومغناطیس حوزه زمان به دست می‌آیند، به منظور کاهش احتمال هرگونه تفسیر اشتباه، باید داده‌های دترمینان را برای وارون‌سازی در نظر گرفت. در این روش داده دترمینان از تانسور امپدانس با استفاده از رابطه ۴ قابل محاسبه است [۱۳]:

$$Z_{eff} = \left| Z_{xx}Z_{yy} - Z_{xy} - Z_{yx} \right|^2 \quad (4)$$

با استفاده از امپدانس موثر، مقاومت ویژه ظاهری دترمینان (Determinant apparent resistivity) به منزله ورودی برنامه‌های وارون‌سازی به صورت رابطه ۵ محاسبه می‌شود:

$$\rho_{a_{DET}} = \frac{1}{\mu_0 \omega} |Z(\omega)_{DET}|^2 \quad (5)$$

از مهم‌ترین مزیت‌های استفاده از داده دترمینان آن است که نیازی به اعمال تصحیحات جابه‌جایی ایستا ندارد، چون این داده‌ها مقدار میانگینی از امپدانس برای همه جهات‌های جریان فراهم می‌کنند. پدرس و اینگز [۱۴] روشن ساختند که در مقیاس لگاریتمی:

$$\log \rho_{DET}^{app} = \frac{1}{2} (\log \rho_{TE}^{app} + \log \rho_{TM}^{app}) \quad (6)$$

داده دترمینان را می‌توان به صورت میانگین حسابی داده‌های مد TE و TM در نظر گرفت (رابطه ۶). اسکویی و همکاران [۱۵] این مورد را در داده‌های MT مربوط به شهر مرزی اینچه برون نشان دادند.

۴-۳- روش الکترومغناطیس حوزه زمان

در این روش برخلاف روش MT، از چشمه مصنوعی به عنوان فرستنده سیگنال استفاده می‌شود که بر اساس اصول القایی الکترومغناطیسی و فرکانس معمولاً زیاد چشمه فرستنده، ساختار مقاومت ویژه زیرسطحی در عمق کم تعیین می‌شود.

در روش TEM جریانی به صورت پالسی شکل (نیم مربعی، نیم سینوسی و یا رمپی شکل) و در زمانی کوتاه (چند میلی ثانیه) به درون حلقه فرستنده ارسال می‌شود و اندازه گیری میدان مغناطیسی القایی پس از قطع جریان (میدان

که در آن T دوره تناوب سیگنال‌ها، H_x و H_y مولفه‌های افقی میدان مغناطیسی برحسب نانو-تسلا و E_x ، E_y مولفه‌های افقی میدان الکتریکی بر حسب میلی‌ولت بر کیلومتر هستند. عمق نفوذ سیگنال‌های MT یکی از مفاهیم اساسی است که به‌عنوان عمق پوسته مطرح می‌شود و از رابطه ۳ قابل محاسبه است [۹].

$$\delta = 503 \sqrt{\rho \times T} \quad (3)$$

۳- روش‌های مختلف تصحیح جابه‌جایی ایستا

برای تصحیح جابه‌جایی ایستای داده‌های MT روش‌های مختلفی ارائه شده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱-۳- روش میانگین‌گیری فضایی از سونداژهای MT

در این روش، مقاومت ویژه ظاهری میانگین هر ایستگاه و مقاومت ظاهری میانگین منطقه، برای ایستگاه‌های احاطه کننده سونداژ مورد نظر محاسبه می‌شود. سپس منحنی مقاومت ویژه ظاهری برای هر سونداژ، با مقداری برابر با اختلاف بین مقاومت میانگین ایستگاه و مقاومت میانگین منطقه جابه‌جا می‌شود [۱۰].

۲-۳- نیمرخ‌برداری الکترومغناطیسی یا EMAP

یکی دیگر از انواع روش‌های حذف اثرات جابه‌جایی ایستا، برداشت داده‌های MT با آرایش نیمرخ‌برداری الکترومغناطیسی یا EMAP است [۱۱، ۱۲]. این روش در واقع یک تکنیک فیلترگیری فضایی پایین‌گذر است. شکل ۳ آرایش برداشت روش EMAP را نشان می‌دهد. در این روش داده‌ها مطابق شکل ۳ در انتهای دوقطبی‌های الکتریکی که در امتداد خطوط برداشت و عمود بر امتداد زمین‌شناسی مورد نظر هستند میدان الکتریکی را به صورت پیوسته اندازه می‌گیرند. روش EMAP، تکنیک نسبتاً گرانی است و برای بررسی‌های دقیق در محدوده‌های کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۳- روش استفاده از داده‌های میانگین هندسی جهات (دترمینان)

روش دیگری که برای تصحیح اثرات جابه‌جایی ایستای داده‌های MT به کار می‌رود، روش استفاده از داده‌های

ایستگاه‌های برداشت زیاد باشد، با مشکل اغتشاش گالوانیکی ناشی از تغییرات الگوی جریان الکتریکی بر روی منحنی‌های مقاومت ویژه ظاهری مواجه می‌شویم. این اثر در روش MT، تحت عنوان اثر جابه‌جایی ایستا نامیده می‌شود [۱۶]. همچنین در طول نمیرخ‌های طولانی که فواصل ایستگاه‌های برداشت زیاد و ابعاد آنومالی‌های زیرسطحی کم است به طوری که آنومالی‌ها در بین ایستگاه‌های برداشت قرار می‌گیرند، پدیده آلیاسینگ مکانی یا فضایی^۴ ممکن است رخ دهد. در این موارد لازم است فواصل نمونه‌برداری^۵ یا ایستگاه‌های برداشت بر روی پروفیل کمتر شود.

اثر جابه‌جایی ایستا غالباً به صورت یک جابه‌جایی قائم در مقدار مقاومت ویژه ظاهری نمایان می‌شود، درحالی‌که مقادیر فاز بدون تغییر هستند و در پایان اگر تصحیح نشوند، سبب ایجاد خطاهایی در محاسبه عمق و مقاومت ویژه ساختارها می‌شوند [۱۳].

در این مقاله حذف اثر جابه‌جایی ایستا پیش از مدلسازی تفسیر داده‌های MT انجام شده است.

تصحیح جابه‌جایی ایستا در عمل به وسیله جابه‌جایی مقادیر مقاومت ویژه حاصل از روش MT به مقادیر مقاومت ویژه حاصل از داده‌های TEM در فرکانس‌های زیاد (اعماق کم) انجام می‌شود.

در شکل ۴ منحنی‌های TEM برای ایستگاه‌های ۱۰۷ و ۱۰۹ و ۱۱۱ که برای تصحیح ایستگاه‌های ۱۰۷ و ۱۰۸ و ۱۰۹ و ۱۱۰ و ۱۱۱ استفاده شده است، مشاهده می‌شود. خطوط بنفش مدل یک‌بعدی اکام [۱۷] و آبی مدل یک بعدی بوستیک [۱۸] هستند. در شکل ۵ نمودارهای مقاومت ویژه برای سایت‌های مورد نظر قبل و بعد از تصحیح آورده شده‌اند.

میزان جابه‌جایی نمودارهای مقاومت ویژه برای تصحیح جابه‌جایی ایستا، برای هر سایت مقدار متفاوتی داشت. جابه‌جایی نمودارهای مقاومت ویژه مربوط به هر دو مد می‌شود. برای مثال در ایستگاه ۱۰۸ مقدار جابه‌جایی برای مد TE، ۵۰ اهم-متر و برای مد TM، ۲۰ اهم-متر است.

در شکل ۶ مدلسازی یک‌بعدی برای داده‌های تصحیح شده بدون اثر جابه‌جایی ایستا برای ایستگاه ۱۰۸ و داده‌های فاز و مقاومت ویژه ظاهری (میانگین هندسی مقاومت ویژه در دو امتداد عمود برهم) به همراه پاسخ نشان داده شده است. در این شکل خطوط بنفش مدل یک‌بعدی اکام و آبی مدل یک‌بعدی بوستیک هستند.

اولیه) در بازه‌های زمانی مختلف به وسیله پیچه گیرنده انجام می‌گیرد.

داده‌های اندازه‌گیری شده (میدان مغناطیسی القایی) در پنجره‌های زمانی ثبت می‌شوند که کانال یا گیت نام دارند. در کانال‌های انتهایی ۷ بین مولفه قائم میدان مغناطیسی، زمان و خصوصیات زمین برقرار است:

$$H_z \approx 2\mu MR^3 (\mu\sigma)^2 / 4\pi R^3 \times 15\pi^2 t^2 \quad (7)$$

$$= (\mu M / 30)(\mu\sigma / \pi)^2$$

R فاصله بین فرستنده و گیرنده و M لنگر مغناطیسی دو قطبی فرستنده است که $M=IA$.

پیچه گیرنده $\frac{dH_z}{dt} = \dot{H}_z$ را اندازه‌گیری می‌کند، بنابراین:

$$\dot{H}_z = \mu M (\mu\sigma)^2 / 20\pi^2 t^2 \quad (8)$$

هدف به دست آوردن مقاومت ویژه ظاهری بر حسب زمان با استفاده از ولتاژ القایی است. رابطه بین هدایت الکتریکی و مقاومت ویژه به صورت $\sigma = \frac{1}{\rho} \approx \frac{1}{\rho_a}$ است. در نتیجه رابطه مقاومت ویژه ظاهری به صورت رابطه ۹ نوشته می‌شود:

$$\rho_a(t) = (\mu / \pi)(\mu M / 20 H_z t)^2 \quad (9)$$

با داشتن مقاومت ویژه ظاهری بر حسب زمان می‌توان برای داده‌های TEM مدلسازی را انجام داد. داده‌ها در روش TEM کیفیت بالایی دارند و به‌ویژه در اعماق کم (۵۰ تا ۵۰۰ متر از سطح زمین) ساختار مقاومت ویژه معتبری را ارائه می‌دهند. در این اعماق کم، روش MT به دلیل قدرت کم سیگنال‌های چشمه و نوفه‌های محیطی قادر به تشخیص دقیق ساختارها مانند روش TEM نیست [۶].

۴- تصحیح جابه‌جایی ایستا با استفاده از TEM

در اکتشاف ساختارهای زمین‌شناسی و اکتشاف منابع هیدروکربنی با استفاده از روش MT که در آن فواصل

سطح زمین شکل بهتری به خود گرفته و ناهمگنی‌های سطحی به خوبی نشان داده شده است. همچنین در عمق‌های پایین‌تر نیز باعث تفکیک بهتر لایه‌ها از هم شده است بدین ترتیب که در فاصله ۸۰۰۰ تا ۱۱۰۰۰ متری لایه‌های با مقاومت ویژه پایین در مقطع اصلاح شده ظاهر شده‌اند. این روند در فواصل ۰ تا ۳۵۰۰ متری نیز دیده می‌شود.

این روند در فواصل ۱۳۵۰۰ تا ۱۵۵۰۰ برای مقاومت ویژه با مقادیر بالا اتفاق افتاده است و در نتیجه، لایه‌ها با مقاومت ویژه‌های متفاوت در آن به خوبی تفکیک شده‌اند.

شکل ۹ مدل‌سازی دو بعدی همراه با چاه‌های حفاری شده به وسیله شرکت ملی نفت ایران برای نمیرخ A را نشان می‌دهد. چاه‌های حفاری شده مربوط به چاه‌های اکتشافی و قبل از برداشت داده‌های MT منطقه است و خطوط سیاه مربوط به سر سازند آسماری در طول پروفیل است. با توجه به سر سازند آسماری و مدل‌سازی انجام شده در فاصله ۶۰۰۰ متری که تاقدیس سراب به خوبی نمایان شده است، پیشنهاد حفر چاه جدیدی داده می‌شود.

۷- سپاس‌گزاری

از مدیریت شرکت مدیریت اکتشاف و تولید شرکت ملی نفت ایران به خاطر در اختیار قرار دادن داده‌ها و همچنین از آقای مهندس شهاب قمی رئیس بخش غیر لرزه‌ای برای راهنمایی در نوشتن مقاله سپاس‌گزاری می‌شود.

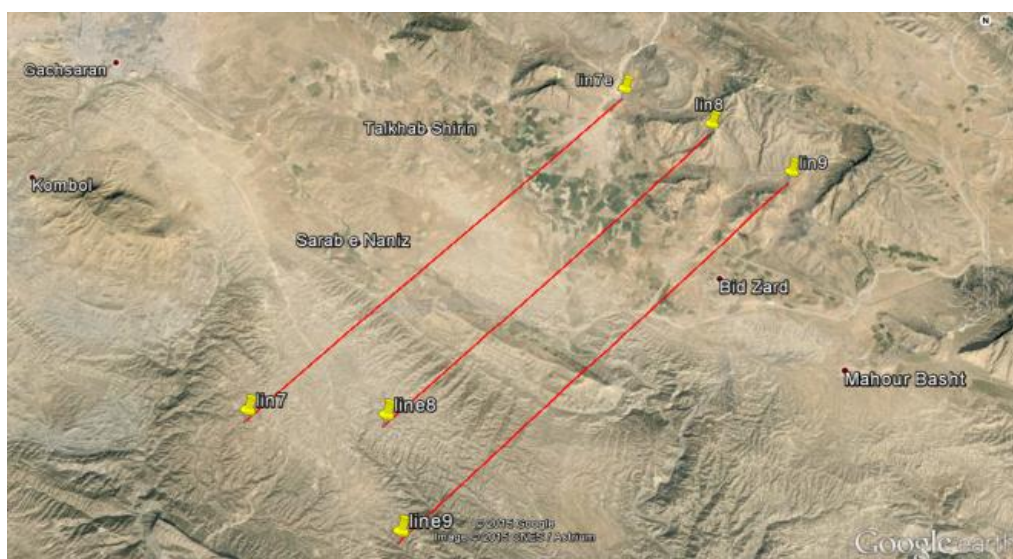
در شکل ۶ تطابق خوبی بین داده‌های مشاهده‌ای مقاومت ویژه ظاهری و نتایج حاصل از مدل‌سازی یک بعدی هموار اکام برای مد مغناطیس عرضی^۶ و نتایج حاصل از مدل‌سازی پارامتری دارد که این، دقت در انجام مدل‌سازی اوکام و پارامتری را نشان می‌دهد. همچنان که از شکل ۶ نمایان است، تطابق در فرکانس‌های کمتر از ۱ هرتز تطابق بیشتر از فرکانس‌های بیشتر از ۱ هرتز است که این به دلیل دو بعدی یا سه بعدی بودن ساختارهای ژئوالکتریکی زیر سطحی در فرکانس‌های بیشتر از ۱ هرتز است.

۵- مدل‌سازی دوبعدی ساختارهای زیر سطح زمین

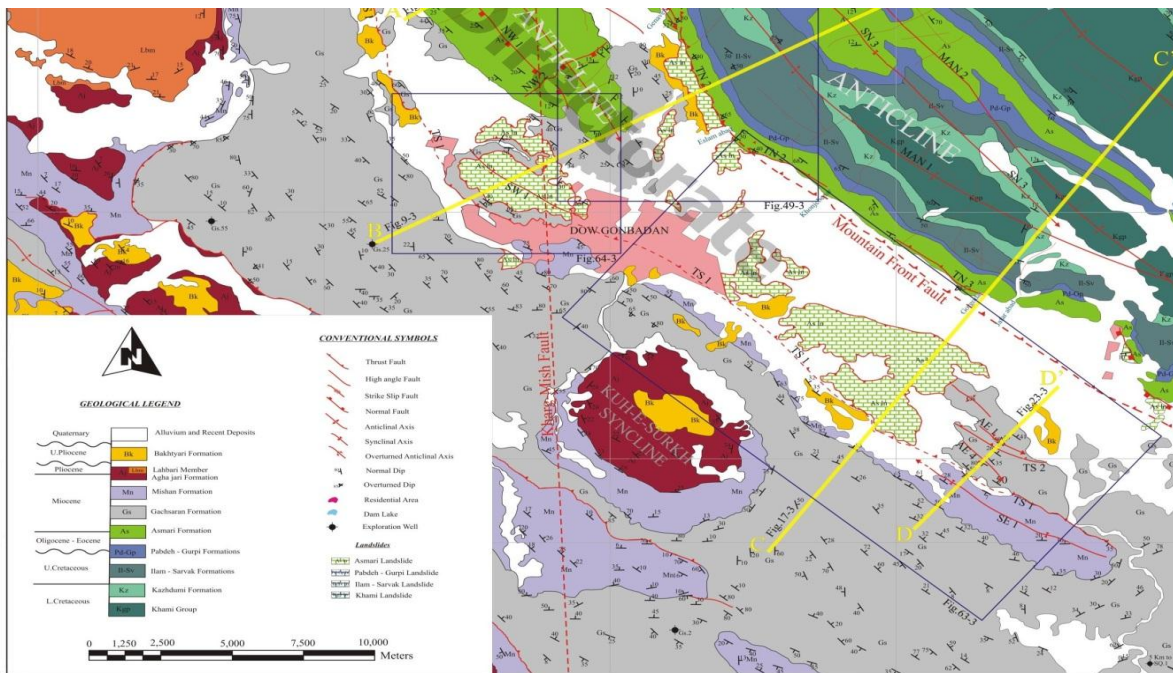
پس از حذف جابه‌جایی ایستا از روی داده‌های MT، مدل‌سازی دوبعدی داده‌ها با نرم‌افزار WinGlink [۱۹] انجام شد. مد میانگین (TM+TE) هموار شده برای مدل‌سازی به کار گرفته شد که نتایج در شکل‌های ۷ و ۸ آمده است. شکل ۷ مدل‌سازی دوبعدی قبل از تصحیح جابه‌جایی ایستا و شکل ۸ مدل‌سازی دوبعدی بعد از تصحیح جابه‌جایی ایستا را نشان می‌دهد.

۶- نتیجه‌گیری

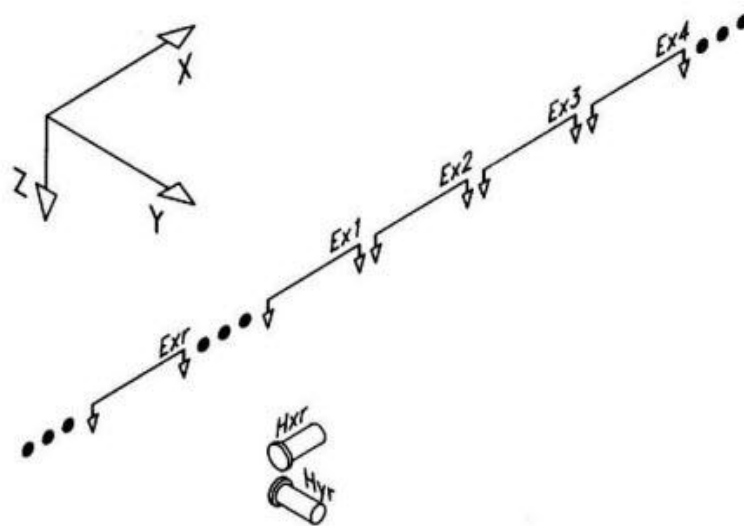
با توجه به مدل‌سازی دوبعدی صورت گرفته برای داده‌های پس از تصحیح جابه‌جایی ایستا، روند توزیع مقاومت ویژه در



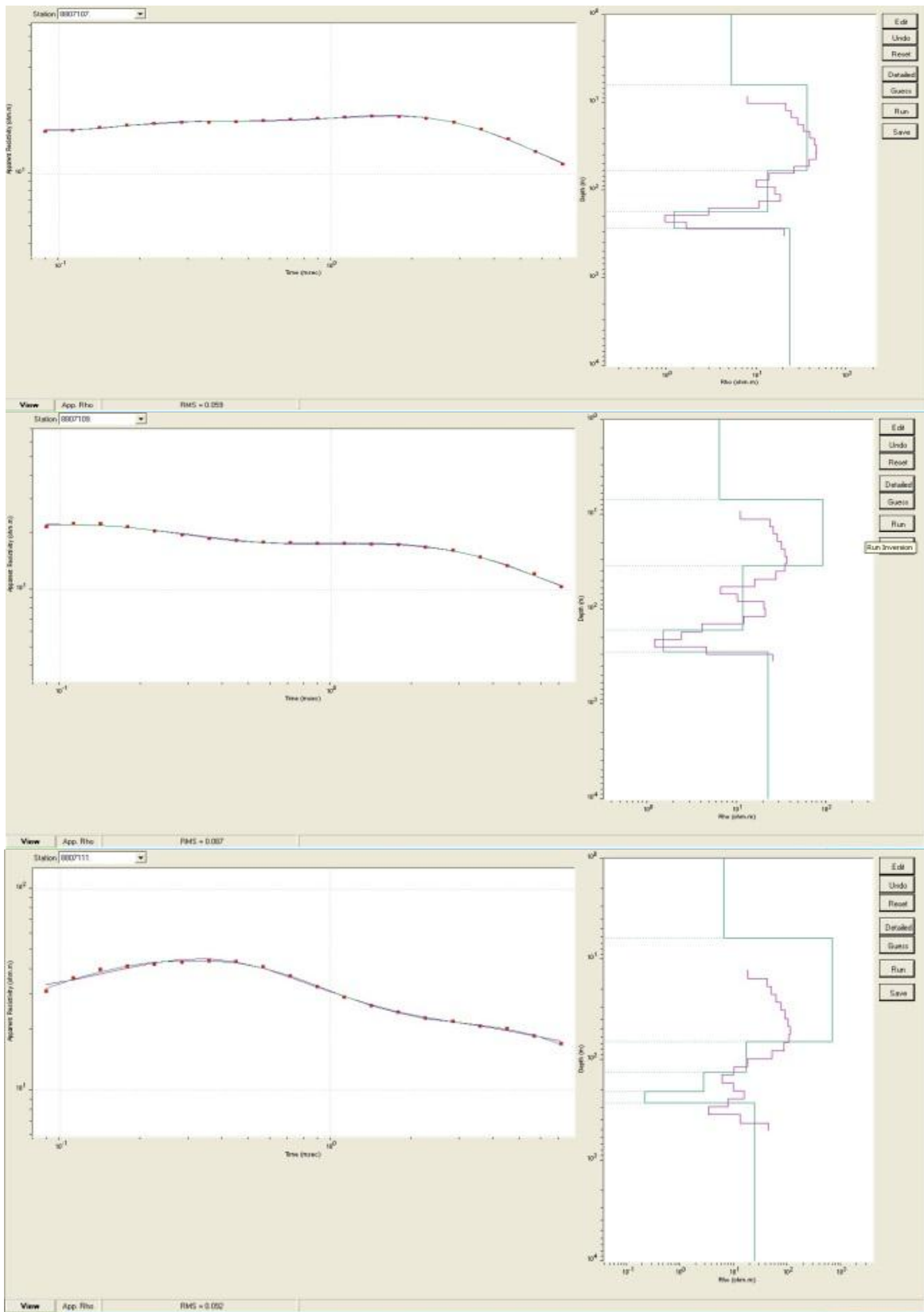
شکل ۱: موقعیت پروفایل‌های مگنتوتلوریک و محدوده مورد مطالعه



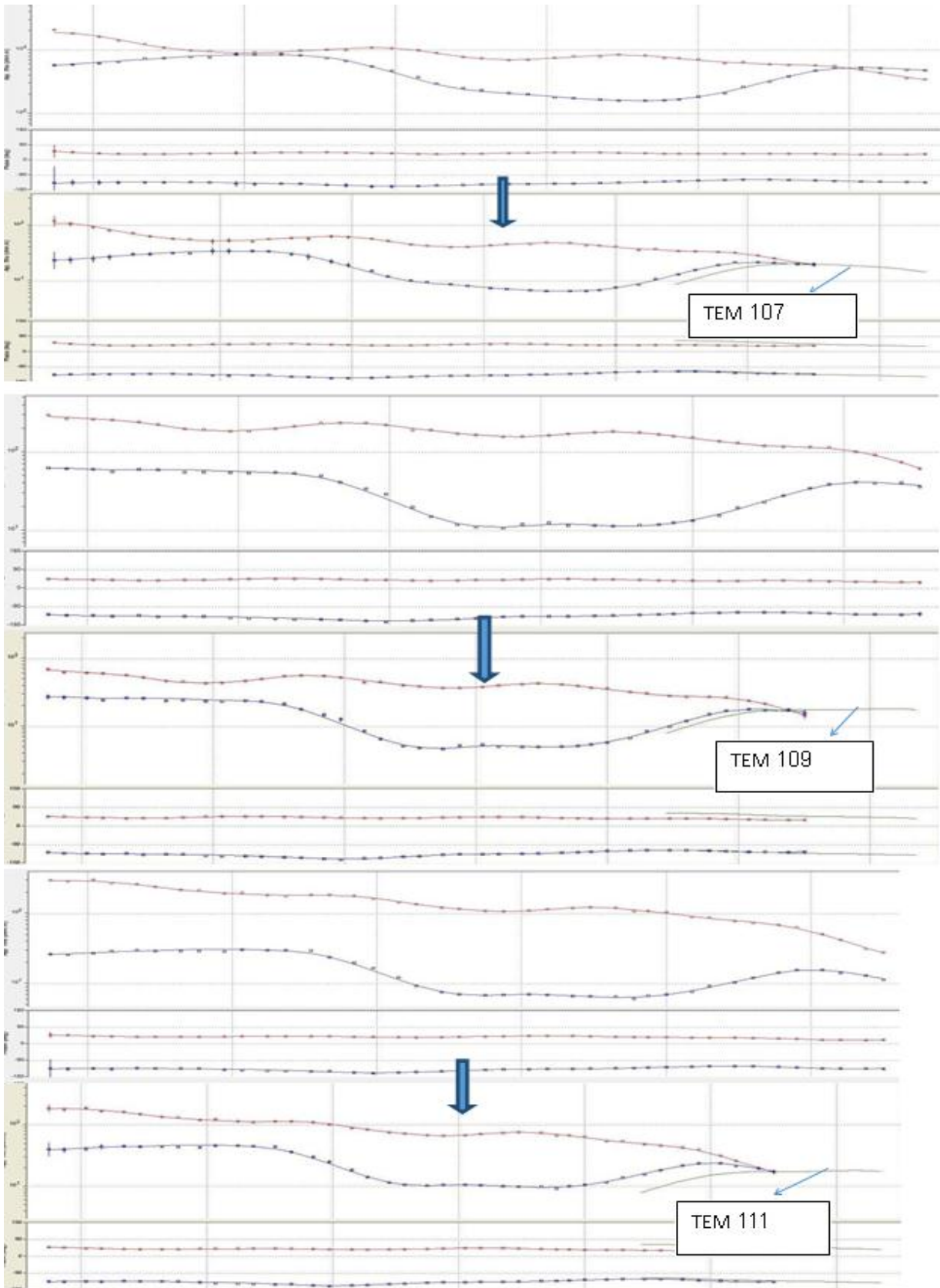
شکل ۲: نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه. (برگرفته از گزارش زمین شناسی منطقه، تهیه شده توسط مدیریت اکتشاف و تولید شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۶، [۲۰])



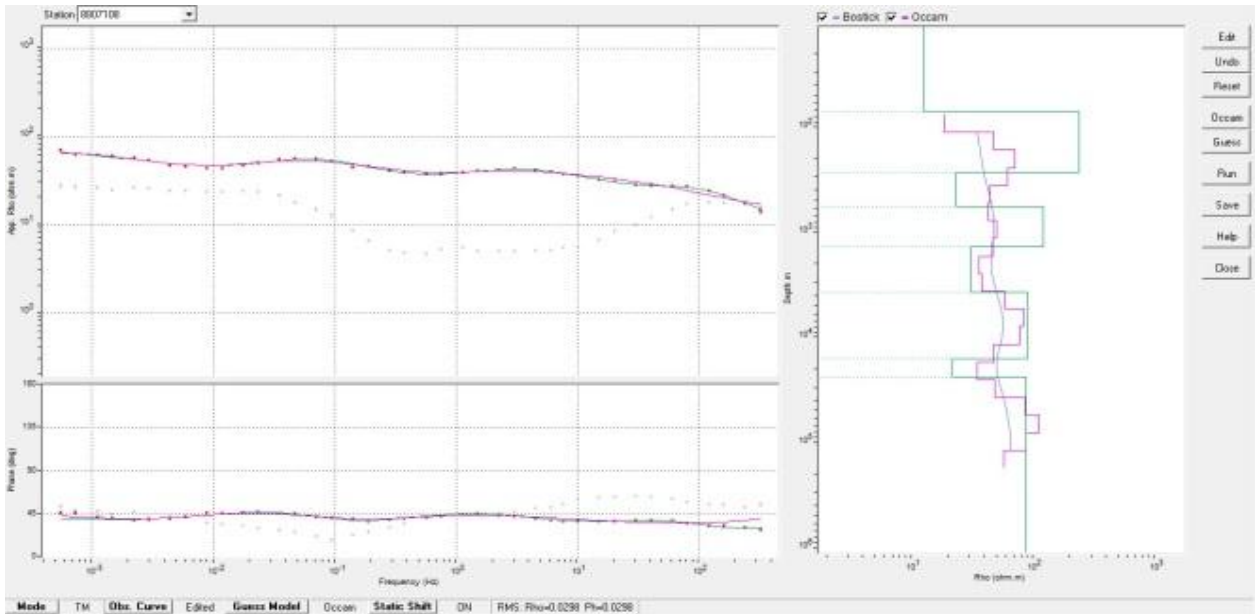
شکل ۳: آرایه برداشت روش EMAP [۳]



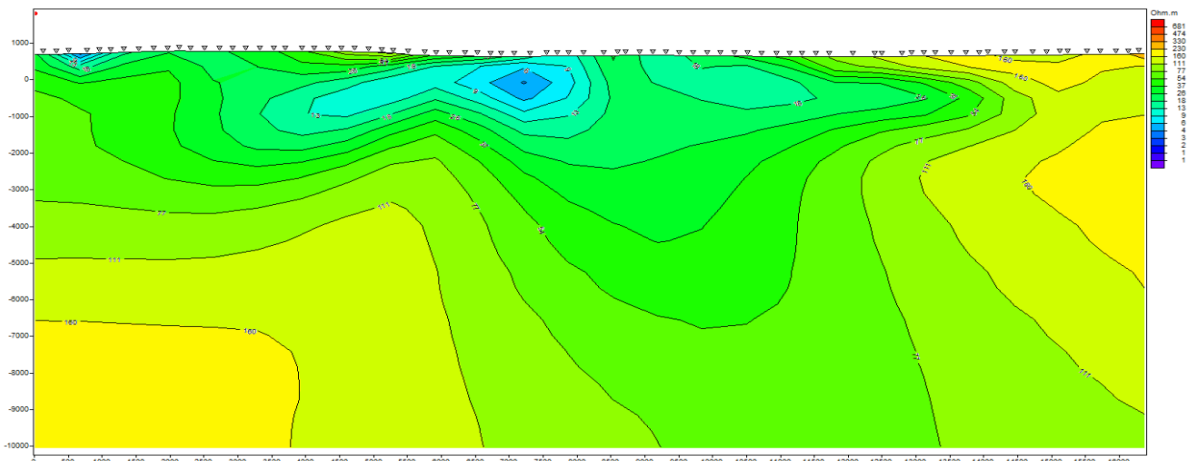
شکل ۴: منحنی‌های مربوط به حوزه زمان همراه با مدلسازی یک بعدی برای آن‌ها. الف- منحنی مربوط به سایت ۱۰۷ ($RMS=0.059$), ب- منحنی مربوط به سایت ۱۰۹ ($RMS=0.087$) و ج- منحنی مربوط به سایت ۱۱۱ ($RMS=0.092$)



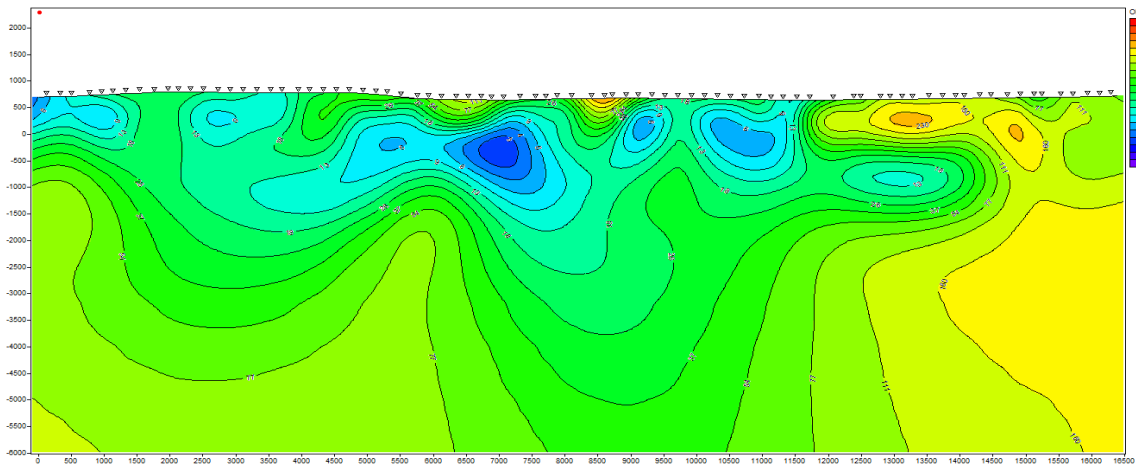
شکل ۵: منحنی‌های مربوط به قبل و بعد از تصحیح جابه‌جایی ایستا با استفاده از داده‌های حوزه زمان. الف- سایت ۱۰۷، ب- سایت ۱۰۸ و ج- سایت ۱۰۹



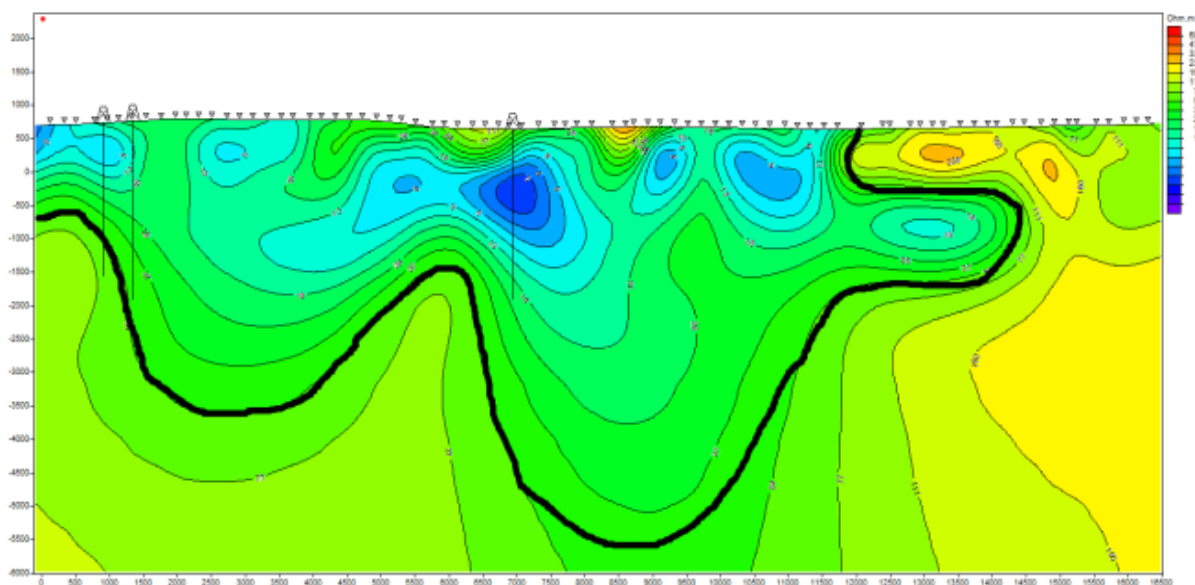
شکل ۶: نتیجه مدل‌سازی یک بعدی برای داده‌های MT سایت ۱۰۸. (RMS: Rho=0.0298 Ph=0.0298)



شکل ۷: مدل‌سازی دوبعدی نیم‌رخ A قبل از تصحیح جابه‌جایی ایستا. (RMS=3.6)



شکل ۸: مدل‌سازی دوبعدی نیم‌رخ A بعد از تصحیح جابه‌جایی ایستا. (RMS=2.1)



شکل ۹: مدل‌سازی دوبعدی نیم‌مرخ A همراه با چاه‌های حفر شده به وسیله شرکت ملی نفت ایران (خطوط سیاه نشان‌دهنده سر سازند آسماری است).

۸- مراجع

- magnetism*". Dover Publication, New York, (unabridged and unaltered republication of the third edition of 1891), pp. 506.
- [9] Nabighian, M. N. (1991). "Electromagnetic Methods in Applied Geophysics". Society of Exploration Geophysics (SEG), 2: 641-707.
- [10] Sternberg, B. K., Buller, P. L., and Kisabeth, J. L. (1982). "Electrical methods for hydrocarbon exploration II. Magnetotelluric method". Unconventional methods in exploration for petroleum and natural gas III, Dallas, 202-230.
- [11] Bostick, F. X. (1986). "Electromagnetic array profiling (EMAP)". Fifty sixth Annual Meeting Society of exploration geophysics (SEG), Expanded Abstracts, 60-61.
- [12] Torres-Verdin, C. (1985). "Implications of the born approximation for the MT problem in three-dimensional environments". MS thesis, University of Texas Austin, 587-602.
- [13] Berdichevsky, M. N. and Dmitriev, V. I., (1976). "Distortion of magnetic and electric fields by near-surface lateral inhomogeneities". Acta Geodaetica Geophysica et Montanistica Academiae Scientiarum Hungaricae, 11(3-4): 447-483.
- [14] Pedersen, L. B., and Engels, M. (2005). "Routine 2D inversion of magnetotelluric data using the determinant of the impedance tensor". Geophysics, 70(2): 33-41.
- [1] Cagniard, L. (1953). "Basic theory of the magnetotelluric method of geophysical prospecting". Geophysics, 18: 605-635.
- [2] Tikhonov, A. N. (1950). "On the determination of electrical characteristics of deep layers of the Earth's crust (in Russian)". Dokladi Akademii Nauk SSSR, 73: 295-297.
- [3] Dobrin, M. B., and Savit, C. H. (1988). "Introduction to geophysical prospecting". Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company, pp. 867.
- [4] Stenberg, B. K., Washburn, J. C., and Pallerin, L. (1988). "Correction for the static shift in magnetotellurics using transient electromagnetic sounding". Geophysics, 53: 1459-1468.
- [5] Meju, M. A. (1996). "Joint inversion of TEM and distorted MT soundings: Some effective practical considerations". Geophysics, 61: 56-65.
- [6] Irfan, R., Kamah, Y., Gaffar, E., and Winarso, T. (2010). "Magnetotelluric Static Shift Correction Using Time Domain Electromagnetics Case Study: Indonesian Geothermal Rough Fields". Proceedings World Geothermal Congress Bali, Indonesia, 25-29.
- [7] Telford, W. M., Geldart, L. P., and Sheriff, R. E. (1990). "Applied geophysics". Cambridge University Press, pp. 770.
- [8] Maxwell, J. C. (1954). "A treatise on electricity and

[19] Geosystem SRL. (2003). A guide to using WinGLink, Ver. 2.1.1.

[۲۰] مدیریت اکتشاف و تولید شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۶، گزارش و نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه گچساران.

[۱۵] اسکویی، بهروز؛ جواهری کوپائی، امیرحسین؛ بهروزمند، احمد علی؛ ۱۳۹۰؛ "استفاده از داده دترمینان برای تصحیح جابه‌جایی ایستا در داده‌های مگنتوتلوریک"، مجله فیزیک زمین و فضا، تهران، دوره ۳۷، شماره ۴، ص ۶۷-۷۷.

[16] Jones, A. G. (1988). "Static shift of magnetotelluric data and its removal in a sedimentary basin environment". *Geophysics*, 53: 967-978.

[17] Constable, S. C., Parker, R. L., and Constable, C. G. (1987). "Occam's inversion: A practical algorithm for generating smooth models from electromagnetic sounding data". *Geophysics*, 52: 289-300.

[18] Bostik, F. X. Jr. (1977). Workshop on electrical methods in geothermal exploration: U.S.G.S, contact no. 14, 08-001-G-359.

^۱ Magnetotelluric

^۲ Time Domain Electromagnetic or Transient

Electromagnetic

^۳ Joint inversion

^۴ Spatial aliasing

^۵ Sampling

^۶ Transverse Magnetic