

استفاده از روش SIS برای وارون‌سازی یک‌بعدی داده‌های مگنتوتلوریک

هانیه مردمی^۱ و بهروز اسکویی^۲

^۱ دانشجوی دکترا، گروه ژئوفیزیک، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
^۲ دانشیار، گروه فیزیک زمین، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۶/۱۴

چکیده

مطالعه حاضر به منظور معرفی توانایی روش وارون‌سازی (Straightforward Inversion Scheme) SIS برای مدل‌سازی یک‌بعدی داده‌های مگنتوتلوریک انجام می‌گیرد. برای اعمال این روش ابتدا مسئله غیرخطی به مسئله‌ای خطی تبدیل و سپس مسئله با استفاده از نرم کمینه غیر تکراری حل می‌شود. این روش که یک مدل هموار ارائه می‌دهد، ایستایی زیادی حتی در حضور نوفه دارد. با توجه به اینکه مهم‌ترین کاربرد داده‌های مگنتوتلوریک در بررسی لایه‌های رسانا و منابع زمین‌گرایی است، در این مقاله به بررسی وجود لایه‌های رسانا در ساختارهای زیر سطحی شمال خاور استان گلستان به منظور بررسی لایه‌های رسانای دارای ید، پرداخته می‌شود. نتیجه مدل‌سازی‌های انجام گرفته، نشان‌دهنده وجود لایه آب شور در ژرفای تقریبی ۷۰۰ متری منطقه مورد بررسی است. همچنین نتایج به‌دست آمده از این روش با اطلاعات زمین‌شناسی موجود همخوانی داده شده‌اند تا درستی نتایج به‌دست آمده از این روش با اطلاعات واقعی مقایسه شوند.

کلیدواژه‌ها: مگنتوتلوریک، وارون‌سازی، SIS، امپدانس بهنجار، گلستان.

***نویسنده مسئول:** هانیه مردمی

E-mail: hanieh.mardomi@yahoo.com

۱- پیش‌گفتار

ویژگی‌های الکتریکی مواد درون زمین گستره پهناوری از تغییرات را شامل می‌شود. بنابراین مقاومت ویژه الکتریکی را می‌توان به‌عنوان نشانگری از چگونگی توزیع مواد درون زمین، برای تعیین چگونگی توزیع آنها به کار برد. مقاومت ویژه ساختارهای زمین‌شناسی به محتوای سیال، تخلخل، درجه شکستگی، دما و هدایت ویژه کانی‌سازنده بستگی دارد. روش سونداژنی مگنتوتلوریک روشی است که برای تعیین ساختارهای درون زمین و چگونگی تغییر ساختارها از سطح تا ژرفا را شامل می‌شود. اطلاعات به‌دست آمده از سونداژنی مگنتوتلوریک را می‌توان برای تعیین مناطق دارای سیال و منابع زمین‌گرایی استفاده کرد.

اکتشافات مگنتوتلوریک از جریان‌های یونوسفری القاشده در زمین برای تعیین لایه‌های زمین استفاده می‌کند. اصول فیزیکی این روش نخستین بار توسط Cagniard (1953) ارائه شد. وی نشان داد که مقادیر به‌دست آمده از تقسیم جفت بردارهای الکتریکی و مغناطیسی ناشی از هر بسامد در سطح زمین، که به نام امپدانس کانبارد معروف است، شامل توزیع مقاومت ویژه الکتریکی در ژرفای مربوطه است. بنابراین با وارون‌سازی این مقادیر می‌توان به توزیع مقاومت ویژه از سطح تا ژرفا دست پیدا کرد. از آن زمان به بعد تلاش‌های زیادی برای به‌دست آوردن مقاومت ویژه ظاهری با استفاده از تابع امپدانس کانبارد شده است. Weidelt (1972) از تابعی که توسط Parker & Whaler (1981) به‌صورت ادمیتانس تعریف شد، برای تعیین مقاومت ویژه ظاهری استفاده کرد. Spies & Eggers (1986) چهار تعریف متفاوت از مقاومت ویژه ظاهری ارائه کردند که با استفاده از تابع امپدانس کانبارد به‌دست می‌آیند. Niwas et al. (2005) تعریفی از مقاومت ویژه ظاهری ارائه کردند که بر اساس بخش حقیقی و موهومی تابع پاسخ عادی شده به‌دست می‌آید.

برآورد عددی متغیرهای زمین از روی داده‌های به‌دست آمده از برداشت‌های صحرائی مگنتوتلوریک یک مسئله وارون‌سازی است. در بیشتر موارد مسائل وارون‌سازی مگنتوتلوریک مسائلی بدوضع و دارای عدم یکتایی هستند (Backus & Gilbert, 1970).

Niwas et al. (2005) یک مجموعه روابط بازگشتی برای محاسبات پیشرو و وارون

ارائه کردند که این روابط به‌منظور معرفی یک روش وارون‌سازی جدید ایجاد شدند. اولین گام در پیاده‌سازی این روش که به روش SIS معروف است، تبدیل مسئله غیرخطی به مسئله‌ای خطی و سپس حل مسئله نرم کمینه غیر تکراری است. این روش حل، خطی و غیر تکراری است که به مدل اولیه برای شروع وارون‌سازی نیاز ندارد. این روش ایستایی زیادی حتی در حضور نوفه دارد و در زمین‌هایی که کاملاً یک‌بعدی نیستند نیز پاسخ خوبی می‌دهد (Niwas et al., 2005). در مدل‌سازی‌های مختلفی که با داده‌های مصنوعی و داده‌های صحرائی معتبر (Jones & Hutton, 1979; Parker & Whaler, 1981; Cull, 1985) صورت گرفته است، دقت و تطابق بالای این روش به اثبات رسیده است (Niwas et al., 2007).

این بررسی به‌منظور تعیین لایه‌های رسانای موجود در بخش شمال خاوری استان گلستان با روش مدل‌سازی SIS انجام می‌گیرد. این لایه‌های رسانا احتمالاً لایه‌های آب شور دارای ماده معدنی ید هستند. این مطالعه با توجه به ارزش اقتصادی ماده معدنی ید و کاربرد وسیع آن در صنایع گوناگون، دارای اهمیت است. منطقه مورد مطالعه در باختری‌ترین بخش و منتهی‌الیه باختری ارتفاعات کپه‌داغ یعنی در شمال خاوری‌ترین بخش دشت گرگان واقع شده است. دریاچه‌های متعدد با آب لب‌شور مانند آلاگل و دانشمند در این منطقه واقع شده‌اند که در مواقع سیلابی این دو دریاچه به هم می‌پیوندند و زمین‌های باتلاقی اطراف را می‌پوشانند. توپوگرافی منطقه شامل رسوبات بادی است که به‌طور طبیعی از اختلاف دما بین البرز و بیابان ترکمنستان ایجاد شده‌اند. این رسوبات نفوذ ناپذیر و در برابر فرسایش ناپایدارند (آقاناتی، ۱۳۸۳).

اندازه‌گیری‌های MT با استفاده از دستگاه‌های شرکت مترونیکس (Metronix) آلمان (GMS05) در باند بسامدی ۰/۰۲ هرتز تا ۱۸۰ هرتز انجام شده است. برای حذف نوفه از استکینگ (Stacking) یا میانگین‌گیری روی بازه‌های زمانی در هنگام برداشت داده‌ها و برای پردازش داده‌ها از رهیافت اسمیرنو (Smimov, 2003) استفاده شده است که مشتمل بر روش‌های تضعیف نوفه است.

در این مقاله پس از اعمال روش SIS بر روی داده‌های مگنتوتلوریک سه ایستگاه در منطقه گلستان، درستی و دقت نتایج به‌دست آمده با اطلاعات زمین‌شناسی موجود مقایسه می‌شود.

۲- نظریه روش مگنتوتلوریک

روش مگنتوتلوریک شامل اندازه‌گیری نوسان‌های میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی طبیعی زمین در دو امتداد عمود بر هم در سطح زمین است. مؤلفه‌های عمود بر هم میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی توسط تانسور امپدانس به همدیگر مرتبط می‌شوند. تانسور امپدانس Z به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H_x \\ H_y \end{pmatrix} \quad (1)$$

در حالت زمین یک بعدی Z_{xx} و Z_{yy} برابر صفر هستند و امپدانس مطابق رابطه زیر وابسته به ρ است:

$$Z(\omega) = \frac{E_x(\omega)}{H_y(\omega)} = \sqrt{i\omega\mu_0\rho} \quad (2)$$

فاز این امپدانس برابر $\frac{\pi}{4}$ رادیان و مقداری مستقل از مقاومت ویژه ظاهری است. ω بسامد زاویه‌ای و $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ هنری بر متر است. برای یک زمین لایه‌ای مقدار فاز از 0 تا $\frac{\pi}{2}$ تغییر می‌کند (Simpson & Bahr, 2005).

مقادیر مقاومت ویژه ظاهری و فاز به صورت زیر قابل محاسبه است (Vozoff, 1991):

$$\rho_a = \frac{1}{\omega\mu_0} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2 \quad (3)$$

$$\Theta = \frac{\pi}{4} \left(1 - \frac{\partial \log \rho_a}{\partial \log T} \right) \quad (4)$$

تابع پاسخ بهنجار شده (Basokur, 1994) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S(\omega) = \frac{1}{\sqrt{i\omega\mu_0}} \frac{E_x(\omega)}{H_y(\omega)} \quad (5)$$

در این رابطه مقدار فاز بین $-\frac{\pi}{4}$ تا $\frac{\pi}{4}$ قرار دارد و برای یک محیط یکنواخت برابر صفر است. با استفاده از مؤلفه‌های حقیقی و موهومی $S(\omega)$ دو مقاومت ویژه ظاهری به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\rho_a \operatorname{Re} S = (\operatorname{Re} S)^2 \quad (6)$$

$$\rho_a \operatorname{Im} S = (\operatorname{Im} S)^2 = SI \quad (7)$$

از مؤلفه SI می‌توان برای تعیین تعداد فصل مشترک‌ها استفاده کرد؛ به طوری که تعداد فصل مشترک‌ها برابر با تعداد نقاط کمینه نمودار مؤلفه SI نسبت به زمان، به اضافه 2 است (Niwas et al., 2005).

۳- تحلیل ابعادی داده‌ها

مشخصه اسکيو (Skew) را می‌توان به صورت زیر از عضوهای تانسور امپدانس محاسبه کرد (Swift, 1967):

$$S = \frac{Z_{xx} + Z_{yy}}{Z_{xy} - Z_{yx}} \quad (8)$$

هنگامی که مقدار این مشخصه بر حسب بسامد مقداری نزدیک صفر باشد، ساختارهای زمین‌شناسی را می‌توان به صورت ساختارهای یک‌بعدی مورد بررسی قرار داد در غیر این صورت به عنوان لایه‌های دو یا سه‌بعدی تعریف می‌شوند.

۴- اصول روش SIS

تابع پاسخ بهنجار شده در بالای لایه Z_m (با مقاومت ویژه ρ_1 و ستبرای d_j) روی یک زمین n لایه که لایه آخر یک نیم‌فضاست را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$S_j = \sqrt{\rho_j} \frac{S_{j+1} + \sqrt{\rho_j} \tanh(v_j d_j)}{\sqrt{\rho_j} + S_{j+1} \tanh(v_j d_j)} \quad j=1, 2, \dots, n-1 \quad (9)$$

$$S_n = \sqrt{\rho_n} \quad \text{و} \quad v_j = \sqrt{\frac{i\omega\mu_0}{\rho_j}}$$

با بازنویسی رابطه ۹ به دست می‌آید:

$$\frac{s_j - \sqrt{\rho_j}}{s_j + \sqrt{\rho_j}} = \frac{s_{j+1} - \sqrt{\rho_j}}{s_{j+1} + \sqrt{\rho_j}} u \quad j=1, 2, \dots, n-1 \quad (10)$$

که $u = e^{-2(1+i)\alpha\sqrt{f}/l_0}$ و α یعنی واحد ستبرای ژرفای نفوذ به صورت $\frac{d_j}{\delta_j m_j}$ تعریف می‌شود که در آن $\delta_j = \sqrt{\frac{\rho_j}{\pi f \mu_0}}$ ژرفای پوسته (Skin depth) و f در این روش معادل یک هرتز در نظر گرفته می‌شود.

رابطه ۱۰ یک رابطه غیر خطی است که برای خطی‌سازی آن می‌توان از یک سری توان استفاده کرد. اگر S_j به صورت یک سری توان به صورت زیر نوشته شود:

$$S_j = \sum_{m=0}^{\infty} c_{jm} u^m \quad j=1, 2, \dots, n-1 \quad (11)$$

و سپس رابطه ۱۱ در رابطه ۱۰ جای گذاری شود، با اعمال روابط ریاضی یک معادله بازگشتی به دست می‌آید که ضرایب مجهول را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$m=1, 2, \dots, M \quad j=1, 2, \dots, n-1 \quad (12)$$

$$c_{jm} = \frac{\sqrt{\rho_{j-1}} \{c_{j-1,m+1} - c_{j-1,m}\} + \sum_{p=0}^{m-2} \{c_{j-1,m-p+1} - c_{j-1,m-p}\} c_{jp}}{2\sqrt{\rho_j} - c_{j-1,1}}$$

ولی از آنجا که برای به دست آوردن ضرایب مجهول (c_{jm}) می‌توان از حل نرم دوم معادله ماتریسی زیر استفاده کرد:

$$S = Uc \quad (13)$$

که این حل به صورت زیر موجود است:

$$c = U^T (UU^T + W)^{-1} S \quad (14)$$

که در آن W ماتریس کواریانس خطاست. بنابراین پس از مشخص شدن ضرایب مجهول، مقادیر مقاومت ویژه‌ها با استفاده از رابطه ۱۲ قابل محاسبه هستند سپس، با استفاده از رابطه $d_j = \alpha \delta_j$ ، می‌توان ستبرای لایه‌های مختلف را تعیین کرد.

۵- اعمال روش SIS

برای این منظور از داده‌های مگنتوتلوریک برداشت شده روی یک نیم‌رخ باختری-خاوری با ۳ ایستگاه اندازه‌گیری در شمال خاوری استان گلستان استفاده می‌شود. فاصله ایستگاه‌ها از همدیگر دو کیلومتر است. ایستگاه H1 در بخش باختری نیم‌رخ قرار دارد. ۲ ایستگاه دیگر به نام‌های H2 و H3 به ترتیب در امتداد ایستگاه H1 قرار دارند. در ابتدا به منظور تحلیل ابعادی داده‌ها متغیر اسکيو برای ایستگاه‌های مورد نظر محاسبه می‌شود. شکل ۱ منحنی اسکيو به دست آمده برای ایستگاه H1 را نشان می‌دهد. بررسی این شکل نشان می‌دهد که مقدار اسکيو به دست آمده در این ایستگاه بسیار نزدیک به صفر یعنی ساختار یک‌بعدی است. شکل ۲ منحنی اسکيو به دست آمده برای ایستگاه H2 را نشان می‌دهد. متغیر مورد نظر مقداری نزدیک به 0.7 دارد که تمایل ساختار زیر سطحی به خروج از حالت یک‌بعدی را نشان می‌دهد ولی در این پژوهش - در مدل‌سازی‌ها - ساختار یک بعدی به شمار می‌رود. منحنی اسکيو به دست آمده برای ایستگاه سوم نیز نشان‌دهنده مقادیر نزدیک به صفر است یعنی ساختار مورد مطالعه یک‌بعدی است. بنابراین با این فرض، به مدل‌سازی یک‌بعدی داده‌های این ایستگاه با روش مورد نظر پرداخته می‌شود. شکل ۳ منحنی به دست آمده مقادیر SI بر حسب پریود را برای ایستگاه H1 نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل دیده می‌شود، منحنی دارای یک نقطه کمینه است و با

۱۲۰۰ متر افزایش مقاومت وجود دارد و بنابراین پاسخ به دست آمده از روش SIS به نتیجه مشابهی رسیده است.

شکل ۸ نتیجه به دست آمده از وارون سازی با روش SIS و شکل ۹ نتیجه به دست آمده از وارون سازی با روش پدرسن را نشان می دهد. این دو منحنی همخوانی تقریباً خوبی با همدیگر نشان می دهند و لایه آب شور احتمالی در ژرفای تقریبی ۹۰۰ تا ۱۱۰۰ متری قرار دارد.

۶- بحث و نتیجه گیری

پس از انجام مدل سازی ها با استفاده از روش SIS، برای ۳ ایستگاه اندازه گیری و مقایسه نتایج به دست آمده با استفاده از روش پدرسن، تطابق قابل توجه و در برخی موارد بهتر روش SIS با اطلاعات زمین شناسی به دست آمد. به منظور تأیید نتایج به دست آمده، از اطلاعات حاصل از نگار چاه اکتشافی حفر شده در ۵۰ کیلومتری جنوب باختری منطقه مورد بررسی که مقطع زمین شناسی آن تا ژرفای ۲۴۰۰ متری تهیه شده است، استفاده می شود. با توجه به اطلاعات حاصل از مقطع زمین شناسی به دست آمده از نگار چاه در ژرفای ۶۷۰ تا ۸۴۰ متر یک لایه رسانا شامل سفره آب شور تحت فشار تشخیص داده شده است و پس از این ژرفا با مقاومت ویژه های بالایی وجود دارد. همچنین به دلیل وجود لایه های رسی همراه با کانی های نمکی از سطح تا ژرفای مورد بررسی، عموماً مقاومت ویژه کم (کمتر از ۱۰۰ اهم متر) است (بهرزومند و اسکویی، ۱۳۸۶).

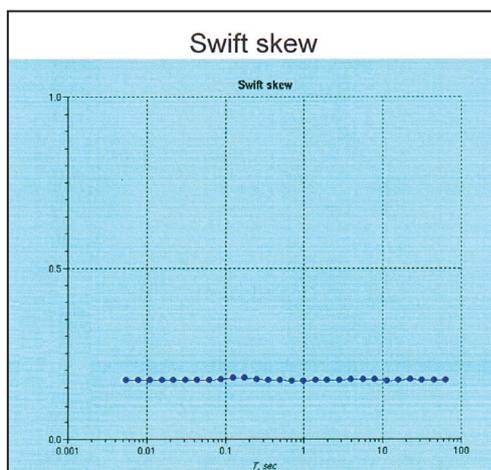
با توجه به خطی بودن روش و نیاز نداشتن به مدل اولیه برای شروع وارون سازی و همچنین با توجه به اینکه این روش در زمین هایی که کاملاً یک بعدی نیستند مانند ایستگاه H2 پاسخ مناسبی ارائه می دهد، به کارگیری این روش برای مدل سازی یک بعدی داده های MT بسیار مفید خواهد بود.

در نظر گرفتن این نکته که تعداد کمینه ها به اضافه ۲ برابر است با تعداد فصل مشترک ها، بنابراین با سه فصل مشترک و به عبارتی دیگر زمین چهار لایه ای روبه رو هستیم. انجام وارون سازی یک بعدی داده های این سایت بیانگر وجود چهار لایه به شرح جدول ۱ است که نتیجه بالا را تأیید می کند. لایه آب شور که با مقاومت ویژه خیلی کم (کمتر از یک اهم متر) مشخص می شود، از ژرفای ۴۰۰ متری زمین شروع می شود. شکل ۳ منحنی مقاومت ویژه بر حسب ژرفا را برای ایستگاه H1 نشان می دهد. نتیجه به دست آمده از این روش تطابق خوبی با نتیجه به دست آمده از نگار چاه اکتشافی (شکل ۱۰) نشان می دهد.

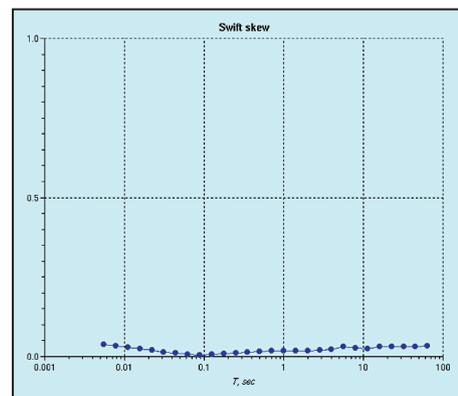
برای بررسی بیشتر این مسئله اقدام به مدل سازی داده های این سایت با استفاده از روش پدرسن (Pedersen, 2004) شد که نتیجه به دست آمده در شکل ۵ آمده است. مقایسه کیفی منحنی شکل ۴ با منحنی شکل ۵ تطابق خوبی در محدوده ۱۵۰ متر تا ۱۲۰۰ متر را که لایه آب شور در این محدوده قرار می گیرد، نشان می دهد. برای ژرفاهای بیشتر، مقادیر مقاومت ویژه به دست آمده با استفاده از روش SIS روند افزایشی و مقادیر به دست آمده با استفاده از روش پدرسن روند کاهشی را نشان می دهد که با مقایسه این روندها با نگار چاه اکتشافی، نتایج روش SIS به واقعیت نزدیک تر بوده اند.

شکل ۶ نتیجه به دست آمده از وارون سازی داده های ایستگاه H2 را نشان می دهد. مقادیر مقاومت ویژه پایین هستند و لایه محتوی آب شور احتمالی در ژرفای ۷۰۰ متر به بعد قرار دارد. این مسئله همانند ایستگاه H1 است. شکل ۷ نتیجه به دست آمده از وارون سازی یک بعدی داده های سایت H2 با استفاده از روش پدرسن را نشان می دهد. روند منحنی به دست آمده تا ژرفای ۱۲۰۰ متری تقریباً با روند به دست آمده از مدل سازی با روش SIS همخوانی دارد.

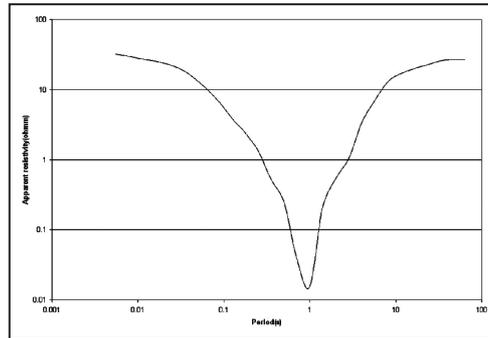
با توجه به اطلاعات به دست آمده از نگار چاه (شکل ۱۰)، در ژرفاهای بیش از



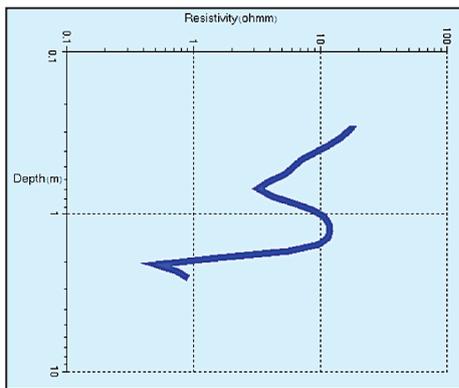
شکل ۲- منحنی اسکویو برای ایستگاه H2.



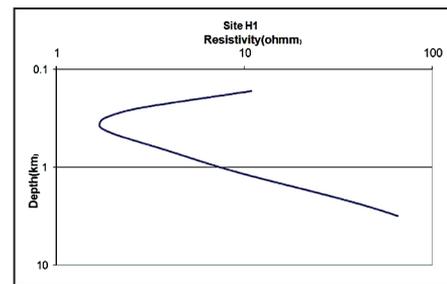
شکل ۱- منحنی اسکویو برای ایستگاه H1.



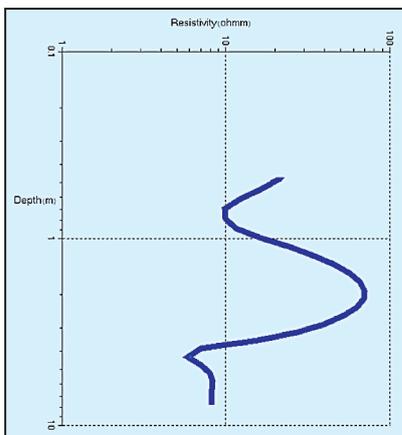
شکل ۳- منحنی به‌دست آمده SI بر حسب پریود.



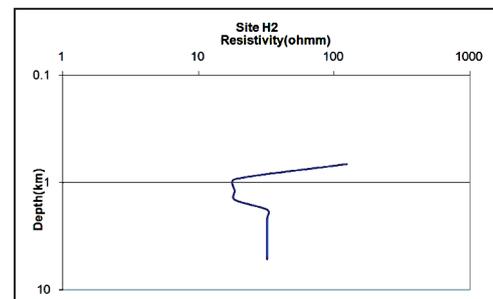
شکل ۵- نتیجه به‌دست آمده از وارون‌سازی یک‌بعدی داده‌های سایت H1 با استفاده از روش پدرسن.



شکل ۴- نتیجه به‌دست آمده از وارون‌سازی یک‌بعدی داده‌های سایت H1 با استفاده از روش SIS.

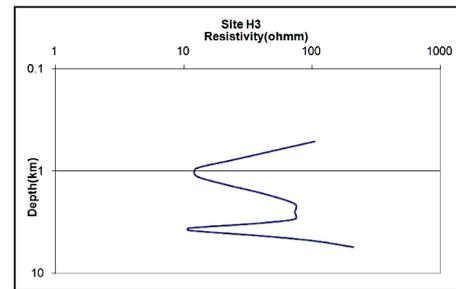


شکل ۷- نتیجه به‌دست آمده از وارون‌سازی یک‌بعدی داده‌های سایت H2 با استفاده از روش پدرسن.

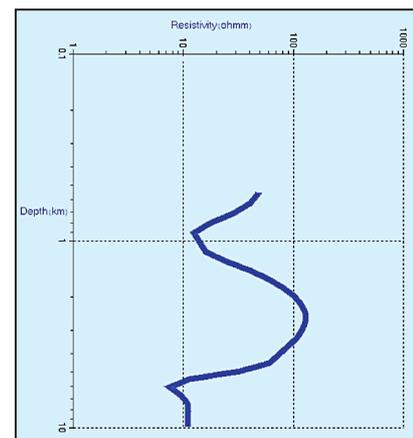


شکل ۶- نتیجه به‌دست آمده از وارون‌سازی یک‌بعدی داده‌های سایت H2 با استفاده از روش SIS.

Depth	Lithological unit	Resistivity quality
0	Clay Sand group1 (Neo Caspian formation Holocene)	Medium resistivity مقاومت متوسط
	آهک انولین	مقاومت زیاد
122	Oolitic section Ancient Caspian Pleistocen	Medium resistivity مقاومت متوسط
125	آهک انولین	مقاومت زیاد
222	Clay Sand group 2 Khazar formation Pleistocen	High resistivity مقاومت زیاد
225	Baku formation	مقاومت زیاد
310	Upper Asheron formation Pliocene	High resistivity مقاومت زیاد
430	Lower Apsheron formation Pliocene	Low resistivity
670	سیلت، رس و ماسه سنگ دانه دیز	مقاومت کم
840	سفره آب شور تحت فشار	
850	Akhggl formation Pliocen	High resistivity مقاومت زیاد
910	Tuff section Pliocen	High resistivity مقاومت زیاد
960	Papery shale	High resistivity مقاومت زیاد
1025	Brown Bed	Moderate resistivity مقاومت متوسط
1550	Chelecken formation Pliocene	Moderate resistivity مقاومت متوسط
1850	Samatian formation	Increasing resistivity افزایش مقاومت
2050	Conglomerate section	Increasing resistivity افزایش مقاومت
2200	Shale	Decreasing resistivity کاهش مقاومت
2250	آهک	Increasing resistivity افزایش مقاومت
2400	سیلت و سیلت	Decreasing resistivity کاهش مقاومت



شکل ۸- نتیجه به دست آمده از وارون سازی یک بعدی داده های سایت H3 با استفاده از روش SIS.



شکل ۹- نتیجه به دست آمده از وارون سازی یک بعدی داده های ایستگاه H3 با استفاده از روش پدرسن.

شکل ۱۰- اطلاعات به دست آمده از چاه اکتشافی در ۵۰ کیلومتری جنوب باختر منطقه مورد مطالعه (بهروزمند و اسکویی، ۱۳۸۶).

جدول ۱- نتیجه به دست آمده از وارون سازی داده های ایستگاه H1.

مقاومت ویژه (اهم متر)	ژرفا (متر)
۸	۳۶۵
۰/۵	۴۶۱
۲	۶۵۵
۹۸	۱۹۰۳

کتابنگاری

آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران.

بهروزمند، ا.ع.، و اسکویی، ب.، ۱۳۸۶- تفسیر یک‌بعدی داده‌های مگنتوتلوریک منطقه اینچه برون: مجله فیزیک زمین و فضا، ۲، ۵۵-۶۷.

References

- Backus, G. E. & Gilbert, J. E., 1970- Uniqueness in the inversion of inaccurate gross earth data: *Philos. Trans. R. Soc. London*, 266, 123-192.
- Basokur, A. T., 1994- Definitions of apparent resistivity for the presentation of magnetotelluric sounding data: *Geophysical Prospecting*, 42, 141-149.
- Cagniard, L., 1953- Basic theory of magnetotelluric method of geophysical prospecting: *Geophysics*, 18, 605-635.
- Cull, J. P., 1985- Magnetotelluric soundings over a Precambrian contact in Australia: *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 80, 661-675.
- Jones, A. G. & Hutton, R., 1979- A multi-station magnetotelluric study in southern Scotland, Part I: Field work, data analysis and results: *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 56, 329-349.
- Niwas, S., Gupta, P. K. & Gaur, V. K., 2005- Normalized impedance function and the straightforward inversion scheme for magnetotelluric data: *Journal of Earth system science*, 114, 523-531.
- Niwas, S., Gupta, P. K. & Gaur, V. K., 2007- Straightforward inversion of MT data using a normalized impedance function: *Geophysics*, 72, F19-F24.
- Parker, R. L. & Whaler, K. A., 1981- Numerical methods for establishing solutions to the inverse problem of electromagnetic induction: *Journal of Geophysical Research*, 86, 9574-9584.
- Pedersen, L. B., 2004- Determination of the regularization level of truncated singular-value decomposition inversion: The case of 1D inversion of MT data: *Geophysical Prospecting*, 52, 261-270.
- Simpson, F. & Bahr, K., 2005- *Practical Magnetotellurics*: Cambridge University Press.
- Smirnov, M. Yu., 2003- Magnetotelluric data processing with a robust statistical procedure having a high breakdown point: *Geophysics*, 152, 1-7.
- Spies, B. R. & Eggers, D. E., 1986- The use and misuse of apparent resistivity in electromagnetic methods: *Geophysics*, 51, 1462-1471.
- Swift, C. M., 1967- A magnetotelluric inversion of an electrical conductivity anomaly in the South West United States. Ph.D. Thesis, M. I. T., Cambridge, Mass.
- Vozoff, K., 1991- The magnetotelluric method, in Nabighian, M. N., ed., *Electromagnetic methods in applied geophysics*: Tulsa, Oklahoma, Soc. Exp. Geophysicists, 2, 641-711.
- Weidelt, P., 1972- The inverse problem of geomagnetic induction: *Z. Geophys.*, 38, 257-289.

Using SIS Scheme for 1D Magnetotelluric Data Inversion

H. Mardomi ^{1*} & B. Oskooi ²

¹ Ph.D. Student, Department of Geophysics, Science and Research Branch Tehran, Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Associate Professor, Department of Earth Physics, Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 2011 October 31

Accepted: 2012 September 04

Abstract

During this project we tried to show high capability of the SIS scheme for 1D magnetotelluric (MT) sounding data inversion. The scheme transforms the nonlinear problem of estimating layer resistivities and thicknesses into a linear problem of estimating the coefficients of power series of the new response function. We have used this scheme for prospecting conductive structures in southeastern shore of the Caspian Sea. This area is located in the Golestan Province in northeastern part of Iran at the border with Turkmenistan. Detecting conductive sediments in this area, which are supposed to bear iodine is economically of interest. We provided data from three MT sites and inverted the data by the SIS scheme. According to our results there is a conductive layer in the depths deeper than 600 m at all three sites. We have compared our results with the previous results, also compared the results with the geological witnesses, which accordingly existence of a conductive layer has been proved at about 700 m depth. This conductive layer is proposed to bear iodine in economic meanings.

Key words: Magnetotelluric, Inversion, SIS, Normalized impedance, Golestan.

For Persian Version see pages 335 to 340

*Corresponding author: H. Mardomi; E-mail: hanieh.mardomi@yahoo.com